# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. 15. Oktober 1901. Redaktionsschluss für No. 3 am 24. Oktober 1901. 3. Jahrgang.

INHALT.

**Originalmitteilungen:**
Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa:
No. 10: A. Battelli, Über das Boylesche Gesetz bei sehr niedrigen Drucken. S. 17.
W. F. Magie, Die spezifische Wärme von Lösungen, die keine Elektrolyte sind. II. S. 21.
F. Pockels, Weitere Beobachtungen über die magnetisierende Wirkung von Blitzentladungen. S. 22.
C. Bach, Das Ingenieurlaboratorium der K. Technischen Hochschule Stuttgart. S. 23.

**Vorträge und Diskussionen von der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg:**
Th. Paul, Die Bedeutung der Ionen-Theorie für die physiologische Chemie. S. 28.
E. Hoppe, Elektrodynamische Konvektion. S. 31.
G. W. A. Kahlbaum, Über Metalldestillation und über destillierte Metalle. S. 32.

**Besprechungen:**
Lehrbuch der Navigation. S. 37.
Johanneson, Physikalische Mechanik. S. 38.
H. Blücher, Die Luft, ihre Zusammensetzung und Untersuchung, ihr Einfluss und ihre Wirkungen sowie ihre technische Ausnutzung. S. 39.

**Eingegangene Schriften.** S. 39
**Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02.** S. 39.
**Tagesereignisse:**
73. Naturforscherversammlung zu Hamburg. S. 39.
**Briefkasten.** S. 40.
**Personalien.** S. 40.

## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli).

#### No. 10:[1]) A. Battelli, Über das Boylesche Gesetz bei sehr niedrigen Drucken.

In einer früheren Arbeit[2]) habe ich über die Ergebnisse von Versuchen berichtet, die ich über das Verhalten der atmosphärischen Luft bis zu ungefähr $^2/_{100}$ mm Quecksilberdruck herab vorgenommen habe. In vorliegendem Aufsatze gedenke ich Rechenschaft abzulegen über Versuche, die mit demselben Apparat und unter Beobachtung der nämlichen Vorsichtsmassregeln mit Sauerstoff, Wasserstoff und völlig trockenem und staubfreiem Kohlensäure-Anhydrid ausgeführt worden sind.

Wie bei den Versuchen mit Luft, so wurde auch bei diesen Gasen bei den Messungen zuerst vom grössten Druck ausgegangen und bis zu niedrigsten Drucken heruntergegangen; dann wurden die Versuche wiederholt, indem der Druck in umgekehrter Richtung geändert wurde.

Dank dem grossen Bad, in dem sich der ganze Apparat befindet, ist gewöhnlich während einer vollständigen Messung keine Temperaturveränderung eingetreten; in den seltenen Fällen, wo eine solche stattfand, sind die nötigen Korrektionen (wie es s. Z. für die Luft angegeben wurde) eingetragen.

Eine erste Thatsache von nebensächlicher Bedeutung kann man aus den Resultaten vorliegender Versuche über den Sauerstoff ableiten, nämlich dass bei geringen Drucken dieses Gas sich mehr zusammenzupressen scheint, als das Boyle sche Gesetz zulässt.

Da die Erscheinung jedoch bei eisernen Gefässen weniger deutlich hervortritt als bei gläsernen, so darf man das Phänomen ohne weiteres der Absorption des Sauerstoffs durch die Wände zuschreiben.

Was aber deutlich aus den Versuchen sowohl mit dem einen wie mit dem andern Apparate hervorgeht, ist, dass in der Nähe eines Druckes von 0,7 mm sich im Sauerstoff eine Anomalie zeigt. Also bestätigen auch meine Versuche die Ergebnisse von Bohr, von Baly und Ramsay und von Campetti.

Die Erklärung der von Bohr entdeckten und jetzt mit Sicherheit bestätigten Anomalie ist nicht leicht klar zu legen; sie darf aber gewiss nicht der Absorption zugeschoben werden.

Die sich zunächst bietende Erklärung ist, anzunehmen, dass sich bei Abnahme des Druckes die Zahl der gasigen Moleküle durch Bildung von Molekülkomplexen verändert, deren Stabilität von den Bedingungen des Druckes und der Temperatur des Gases abhängt. Eine solche Bildung von Molekülkomplexen erscheint wahrscheinlicher bei hohen Drucken (cfr. O. E. Meyer, Kinetische Theorie der Gase, S. 75), doch kann man nicht ausschliessen, dass sie sich auch bei hohen Verdünnungen vollziehen kann. Es ist schwer, einen Grund zu bestimmen, warum diese Komplexe sich nur unter einem bestimmten Drucke zu bilden beginnen, der bei dem Sauerstoff sehr niedrig, nämlich 0,7 mm *Hg* wäre; aber man könnte die von Bohr am Sauerstoff entdeckten Anomalien erklären, wenn man mit Sutherland[1]) annähme, dass die Gasmoleküle auseinanderfallen, wenn der Druck so ist, dass die molekularen Stösse dieselbe Schwingungsperiode erwerben, wie die Gasmoleküle bei gleichem Druck. Dass thatsächlich im Sauerstoff molekulare Veränderungen vor sich gehen, ist bewiesen durch die Leichtigkeit, mit der er sich in Ozon verwandelt. Es

1) No. 9: Diese Zeitschrift **2**, 409, 1901.
2) Diese Zeitschrift **2**, 409, 1901.

1) Phil. Mag. (5), **43**, 201, 1897.

ist jedoch nicht in einwurfsfreier Weise bewiesen, dass eben durch die Ozonbildung — wie Sutherland beweisen möchte — sich die vorgenannten Anomalien erklären lassen.

Man kann leicht bemerken, dass die numerischen Werte, welche Sutherland in die Gleichungen einführt, aus denen er eine diesbezügliche Erklärung ableitet, und welche aus Bohrschen Versuchen stammen, völlig willkürliche sind; man kann ebenso sehen, dass die Bohrschen Versuche mit demselben Recht andere Werte ergeben, die zu anderen Resultaten führen würden; ebenso wie man völlig andere Resultate erhalten könnte, wenn man in die Sutherlandschen Gleichungen die durch meine Versuche gelieferten Werte einsetzen wollte.

Dass sich in der That kein Ozon bildet, ist experimentell übrigens von Threlfall[1]) gezeigt worden. Während er die Ursache der grössten Oxydationsenergie studierte, welche der Sauerstoff bei niederem Drucke zu besitzen scheint, wurde er von Sutherland selbst dazu bestimmt, nachzuprüfen, ob sich bei einem Druck von 0,25 mm der Sauerstoff spontan in Ozon umwandelt, wie aus der oben dargelegten Theorie hervorzugehen scheint. Threlfall konnte die betreffende Umwandlung nicht feststellen, obwohl das von ihm benutzte Reagens — eine Lösung von Jodkalium und Stärkekleister in Glycerin auch eine äusserst geringe Menge von Ozon ihm hätte bemerkbar machen können. Die erwähnte Hypothese von der Bildung der Molekularkomplexe zeigt sich, trotzdem sie mit den fundamentalen Begriffen der kinetischen Theorie in keinerlei Widerspruch steht, doch stets als eine etwas willkürliche Theorie; ihre Haltbarkeit durch den Versuch zu kontrollieren, ist schwierig, um nicht zu sagen, unmöglich. Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass sie eine Stütze findet in der grossen Veränderlichkeit des Sauerstoffspektrums bei Veränderung des Druckes und der Temperatur; und ebenso darf man nicht verschweigen, dass bei niedrigen Drucken ein gleicher Grund auch für die anderen Gase angesprochen werden dürfte; zumal Ebert[2]) bei seinen Untersuchungen über das Wechseln der Länge des dunklen Kathodenraumes unter verschiedenem Drucke bei mehrererlei Gasarten fand, dass sich in der Kurve, welche besagte Länge als Funktion des Druckes darstellt, bei allen von ihm untersuchten Gasen eine Diskontinuität zeigt.

Bemerkenswert ist, dass für den Sauerstoff die Diskontinuität bei demselben Drucke von 0,7 mm eintritt, bei dem die Anomalie zum Boyleschen Gesetz erscheint.

Man kann also sagen, dass für jedes Gas die Länge der mittleren molekularen Trajektorie, und folglich die Kohäsion, sich plötzlich bei einem bestimmten, für jedes Gas charakteristischen Druck ändert.[1])

Versuche am Wasserstoff mit beiderlei Apparaten haben gezeigt, dass er bis zu Drucken von $^2/_{100}$ mm ausnahmslos dem Boyleschen Gesetze folgt. Die bei Anwendung von Glascylindern erhaltenen Resultate sind weniger regelmässig, als die beim Gebrauch von Eisencylindern festgestellten; bedenkt man jedoch die Kleinheit der Drucke, bei denen sich die Unregelmässigkeiten zeigen, so kann man sie auch als in den Bereich der Beobachtungsfehler fallend betrachten. Das Kohlensäure-Anhydrid weicht augenscheinlich bedeutend vom Boyleschen Gesetz ab, denn es lässt sich weit mehr zusammendrücken als das Gesetz annimmt; man gewahrt dies stärker bei Anwendung des Glas-Apparates. Freilich muss die Erscheinung, wie weiterhin gezeigt werden soll, wenigstens zum Teil der Absorption durch die Gefässwände zugeschrieben werden.

Im allgemeinen mögen die bei der atmosphärischen Luft, beim Sauerstoff und beim Kohlensäure-Anhydrid mehr oder weniger merklichen Abweichungen vom Boyleschen Gesetz zum Teil, besonders bei letzterem, von der veränderlichen Absorption der Gefässwände für die in ihnen enthaltenen Gase abhängen.

Van der Ven[2]), Baly und Ramsay[3]), Warburg und Ihmori[4]) und Krause[5]) haben sich mit dieser Frage beschäftigt, ohne jedoch zu übereinstimmenden Resultaten bei ihren Versuchen zu gelangen. Auch Sutherland[6]) hat in theoretischer Weise untersucht, ob an den Gefässwänden eine abschätzbare Gasverdichtung stattfindet, und kommt zu Schlussfolgerungen, die es annehmbar machen, dass die Wirkung der oberflächlichen Kondensation völlig unbeachtet bleiben und nicht zur Erklärung der Anomalien herangezogen werden darf, welche die Gase dem Boyleschen Gesetze gegenüber aufweisen.

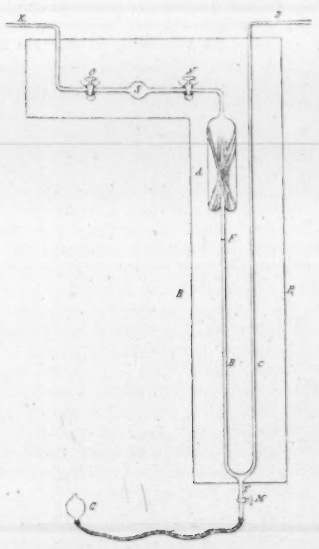
Allerdings scheinen die Van der Vensehen Versuche diese Schlussfolgerungen zu bestätigen, aber andererseits zeigen z. B. für das Kohlen-

1) Journ. of Proc. of the R. Soc. of New South Wales, **31**, 79, 1897.
2) Verhandl. d. Deutschen Phys. Gesellsch. 1900.

1) Die Unsicherheit der Hypothese, dass der Sauerstoff bei Drucken unter 0,7 mm molekulare Gruppenbildungen eingeht, wird unter anderem auch von Ebert (Verh. Deutsch. Phys. Gesellsch. 1900) dargethan, nach welchem bei geringen Drucken, die der Bildung von Kathodenstrahlen entsprechen, der Sauerstoff sich wie ein zwei-atomiges Gas verhält.
2) Arch. du Musée de Teyler, (2), **3**, 349, 1890.
3) Phil. Mag. (5), **38**, 301, 1894.
4) Wied. Ann. **27**, 481, 1886; **31**, 1006, 1887.
5) Wied. Ann. **36**, 923, 1889.
6) Phil. Mag. (5), **43**, 11, 1897.

säure-Anhydrid die Versuche von Baly und Ramsay, dass sicherlich durch das Glas eine Gas-Absorption stattfindet, und dasselbe zeigen die Versuche von Warburg und Ihmori und von Krause. Diese Absorption ist vielleicht mehr chemischer als physikalischer Natur; es wird eine Art von Gaslösung im Glase sein — was mit der Thatsache übeinstimmt, dass beim Kohlensäure-Anhydrid, wenn es einen Druck von etwa $\frac{1}{10^6}$ Atmosphären erreicht hat, man diesen Druck nicht mehr schwächer machen kann, weil er dann gleich dem Dissoziationsdruck für die Kombination zwischen Kohlensäure-Anhydrid und Glas wäre; — aber sei sie chemischer oder physikalischer Natur, die Absorption des Kohlen-Anhydrids wird stets von molekularen Aktionen bestimmt werden, und kann in solchen Mengen vor sich gehen, dass wenigstens zum Teil die Abweichungen vom Boyleschen Gesetz dadurch erklärt werden.

Es schien mir bei dieser Unsicherheit der Vorstellungen und diesen Meinungskontroversen nicht ohne Interesse, Versuche vorzunehmen, um entscheiden zu können, ob eine Absorption des Gases von den es umschliessenden Gefässwänden stattfindet, und ob diese Absorption, wenn sie vorhanden ist, sich mit verändertem Gasdruck auch verändert. Meine diesbezüglichen Versuche habe ich sowohl mit Glas- wie auch mit eisernen Gefässen ausgeführt.



Der zuerst von mir benutzte Apparat besteht hauptsächlich aus einer Glasflasche $A$, in welche das zu untersuchende Gas gebracht wird; innerhalb derselben sind mehrere Glasstabbündel angebracht, um dem Gas eine recht grosse Oberfläche zu schaffen. Diese Flasche setzt sich nach unten in eine lange und dünne, U-förmig gebogene Röhre $BC$ fort, die an ihrem Ende $D$ an eine Quecksilber-Luftpumpe angeschlossen ist. An ihrem oberen Ende ist die Flasche $A$ mit einer rechtwinklig gebogenen Röhre verbunden, die zu einem Hahn $N$ mit vollkommener Schliessung führt; zur grösseren Sicherung des Schlusses befindet sich darüber und darunter ein Näpfchen mit Quecksilber. Jenseits von diesem Hahn zeigt die Röhre eine Ausbauchung $S$ und dann einen zweiten, dem früheren völlig gleichen Hahn $O$; hinter diesem ist eine Verbindung mit einer Anzahl von Trockenflaschen hergestellt, durch die man das schon gereinigte Gas zur Untersuchung zuführt.

Ein umschliessendes Gefäss mit Wasser $RR$ erhält den Apparat auf stets gleicher Temperatur, die auf einem in $^1/_{10}$ Grade eingeteilten Thermometer abgelesen wird.

Der Apparat wird vorher wiederholt mit Königswasser, Salpetersäure, Kalilauge, destilliertem Wasser und absolutem reinem Alkohol gewaschen, dann völlig ausgetrocknet, indem man tagelang sehr trockene heisse Luft darin cirkulieren lässt, damit von den Wänden jede Feuchtigkeit entfernt wird. Der Versuch verläuft folgendermassen: Man öffnet zuerst die Hähne $O$ und $N$ und lässt längere Zeit einen Strom von dem zu untersuchenden, trockenen Gas in den Ballon $A$ einströmen; hierauf wird $O$ geschlossen, die Luftpumpe in Bewegung gesetzt und eine Verdünnung bis zu einem Drucke von 10 bis 15 mm dadurch erreicht; man liest diesen Druck mit Genauigkeit auf dem Manometer der Pumpe ab. Nun schliesst man den Hahn $N$ und fährt fort, in $A$ zu verdünnen bis zu einem äusserst geringen Drucke (der von Versuch zu Versuch wechselt); sodann wird Hahn $M$ geöffnet, die mit Quecksilber gefüllte Kugel $G$ ein wenig aufgehoben und das Quecksilber in einen Teil der Röhre $BC$ steigen gelassen. Man lässt nun in die Pumpe wieder Luft hinzutreten und indem man Kugel $G$ aufhebt und herunterlässt, lässt man das Quecksilberniveau im Arme $B$ bis zum Zeichen $F$ steigen und misst mit dem Kathetometer den Niveau-Unterschied in den beiden Armen. Aus diesem Niveau-Unterschied und aus dem barometrischen Drucke berechnet man den Druck des in $A$ enthaltenen Gases. Nun wird Hahn $O$ geöffnet: das in $S$ enthaltene Gas strömt nach $A$ und der Niveau-Unterschied in der U-förmigen Röhre nimmt ab; das Quecksilber geht bis zum Zeichen $F$ zurück, und indem man die Un-

gleichheit des Niveaus misst, berechnet man den neuen Druck des Gases. Wir bezeichnen mit $v$ das Volumen des Ballons $S$ zwischen den beiden Hähnen $O$ und $N$, und mit $V$ das von Flasche $A$ zwischen Hahn $N$ und dem Zeichen $F$; diese beiden Volumengrössen sind durch vorhergehende Versuche genau bestimmt worden.

Hat keine Absorption stattgefunden, so müssten wir bei Annahme des Boyleschen Gesetzes

$$H(v+V)=pv+PV$$

erhalten; $p$ bedeutet den Druck des zuerst in $S$ enthaltenen Gases; $P$ den Druck des Gases in $A$, und $H$ den Druck am Schlusse, d. h. nachdem der Hahn $N$ aufgemacht worden ist.

Man sieht nun, ob diese Grösse $H$ mit der durch den Versuch gegebenen im Moment, wo man den Hahn $N$ geöffnet hat, übereinstimmt; inzwischen verfolgt man beständig die Lage des Quecksilber-Meniskus in den Schenkeln der $U$-förmigen Röhre.

Im Falle, dass eine Absorption stattfindet, kann man schwerlich annehmen, dass sich die Erscheinung vollständig im ersten Moment abspielt; man müsste also eine andauernde Bewegung des Quecksilber-Meniskus bemerken.

Da es sich um einen nicht übermässig geringen Druck am Schlusse handelt, und folglich im Intervall das Boylesche Gesetz ganz sichtlich anwendbar wird, so muss sogar die erste Ablesung das erste Anzeichen der Absorption geben; ein späteres Zeichen für dieselbe ist die fortlaufende Bewegung des Meniskus.

Um diese Messungen sehr viel empfindlicher zu machen, habe ich mich absichtlich zweier Apparate bedient, die fürs Studium des Boyleschen Gesetzes gebraucht worden waren. Ich habe nämlich an jeden Apparat einen Ballon angeschlossen, der mit zwei Hähnen endigt; einen dieser Hähne setzte ich mit den andern Teilen des Apparates selbst, den andern mit dem Gefässe, aus dem das reine trockene Gas kommt, in Verbindung. Im übrigen bin ich ganz in derselben Weise verfahren, wie es bei der früheren Anordnung beschrieben ist. Sowohl mit ersterem wie mit den beiden letztgenannten Apparaten habe ich viele Versuche mit Wasserstoff, Luft, Sauerstoff und Kohlensäure-Anhydrid gemacht. Diese Versuche, deren Resultate im einzelnen zu beschreiben lang und nutzlos wäre, zeigen, dass beim Wasserstoff absolut keine Absorption stattfindet, weder in gläsernen noch in eisernen Gefässen; bei Luft und Sauerstoff beginnt eine geringe Absorption unterhalb von 1 mm Druck in Glasgefässen bemerklich zu werden; beim Kohlensäure-Anhydrid ist die Absorption nicht zu bezweifeln, und es scheint, als ob die Grösse derselben im Vergleich mit der Masse des Gases mit der Verdünnung zunehme. Ich will diese letztere Frage, deren annähernde Lösung ich hier vorläufig gegeben habe, noch mit vollkommeneren Methoden der Prüfung unterwerfen.

Allgemeine Schlussfolgerungen. Obige Versuche berechtigen zu schliessen:

1) dass der Wasserstoff dem Boyleschen Gesetze bei Drucken von unter 1 Atmosphäre bis ungefähr 0,02 mm folgt;

2) dass die Luft unbedeutend vom Gesetze zwischen 2 und 5 mm abweicht;

3) dass der Sauerstoff einen Sprung in seinem Gang bei ungefähr 0,7 mm aufweist;

4) dass das Kohlensäure-Anhydrid sich bei niedrigem Drucke mehr komprimiert, als das Boylesche Gesetz gestattet, und dass diese Erscheinung wahrscheinlich durch die Absorption der Gefässwände verursacht wird. Man kann also annehmen, dass, mit Ausnahme des Sauerstoffs und folglich auch der Luft, bei den von mir geprüften Gasen keine Anomalien vorkommen, die sich nicht durch die bei den Versuchen unvermeidlichen Umstände erklären liessen.

Uebrigens scheint mir die Sutherlandsche Bemerkung nicht ohne weiteres annehmbar zu sein, in der er ausspricht, dass die Materie von der kinetischen Theorie unbeachtet gelassene Eigenschaften besitzen müsste, wenn das Gesetz $pv=const.$ nicht bei geringen Drucken gälte. In der That ist in der kinetischen Theorie die Formel $pv=const.$ aufgestellt, indem die Kohäsion und das Molekular-Volumen unberücksichtigt gelassen wird; in den Formeln von Van der Waals und von Clausius, die vom Typus

$$(p+a)(v-b)=const.$$

sind, wird diesen beiden Grössen Rechnung getragen; während Bohr, der sich der Formel

$$(p+a)v=K$$

bedient, stillschweigend zugiebt, dass die Kohäsion allein in Betracht kommt. Da nun, wenn bei einem gegebenen Drucke sich eine plötzliche Diskontinuität einstellt, man sich zweier verschiedener Grössen der Konstante $a$ bedienen muss, um das Gesetz der Kompressibilität über und unter jenem Drucke darzustellen, kommt man dazu, zu vermuten, dass die Kohäsion des Gases eine plötzliche Veränderung erfährt bei dem betreffenden Drucke. Ist nun diese Veränderung der Kohäsion wirklich eine augenblickliche und ausreichend grosse, so kann dies dem Sauerstoff analoge Verhalten weder durch die Formel Van der Waals':

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=K$$

noch durch die von Clausius:

$$\left(p + \frac{a}{T(v+\beta)^2}\right)v - b = K$$

ausgedrückt werden, weil in beiden die Wirkung der Kohäsion bei Zunahme des Volumens immer kleiner wird und sich kontinuierlich ändert.

Zeigten aber alle Gase bei bestimmten Drucken dieselbe Erscheinung wie der Sauerstoff, so müsste man den Schluss ziehen, dass die charakteristische Gleichung die Form haben müsste:

$$[p + \Phi(a, v, T)](v - b) = K.$$

Hier müsste $\Phi(a, v, T)$ eine Funktion sein, die stetig wäre für die Grössen von $v$ innerhalb gegebener Grenzen, aber eine Diskontinuität für einen oder mehrere bestimmte Werte von $v$ aufwiese.

Da die kinetische Theorie nicht ausschliesst, dass bei bestimmten Frequenzen der gegenseitigen Stösse sich mehr oder weniger komplizierte Molekülgruppen bilden und auflösen können, so ist theoretisch kein Hindernis vorhanden, anzunehmen, dass die molekulare Kohäsionskraft — und von ihr hängt die Bildung dieser Gruppierungen ab — Veränderungen erfahren kann, wie sie obengenanntes $\Phi(a, v, T)$ nach vorhin Gesagtem zeigen müsste.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 18. September 1901.)

## Die spezifische Wärme von Lösungen, die keine Elektrolyte sind. II.[1])

Von William Francis Magie.

In dem ersten Teile dieser Arbeit wurde gezeigt, dass in Lösungen von verschiedener Konzentration, in denen der osmotische Druck direkt proportional der absoluten Temperatur ist, die scheinbare Molekularwärme des gelösten Stoffes eine konstante ist. Diese Beziehung konnte experimentell bestätigt werden in verschiedenen Lösungen von Nichtelektrolyten. In dem vorliegenden zweiten Abschnitt ergiebt sich, dass die gleiche Beziehung auch noch für einige andere Nichtelektrolyte in wässerigen und alkoholischen Lösungen besteht.

1. Die scheinbare Molekularwärme von isomeren Stoffen, welche in dem gleichen Lösungsmittel gelöst sind, ist nicht immer dieselbe. Um nach dieser Richtung die Isomeren des Rohrzuckers zu prüfen, war es nötig, sich eine Anschauung zu bilden, welche Rolle das Krystallwasser bei der Bildung einer Lösung spielt. Es wurde zu diesem Zwecke Dextrose untersucht, da man dieselbe ja mit und ohne Krystallwassergehalt herstellen kann. Die Molekularwärme einer wässerigen Lösung von Dextrose mit Krystallwasser, die unter der Annahme hergestellt war, dass das Krystallwasser im Augenblicke der Lösung die Dextrose verlässt und zu dem Lösungsmittel hinzutritt, war die gleiche, welche eine Dextrose ohne Krystallwasser ergab. Die bei der Herstellung der Lösung gemachte Annahme erscheint hiernach gerechtfertigt.

Die Molekularwärmen von verschiedenen Gruppen isomerer Stoffe in wässeriger Lösung sind nachstehend zusammengestellt. Einige der Zahlen sind aus der früheren Arbeit herübergenommen.

| Substanzen | Molekulargewicht | Molekularwärme |
|---|---|---|
| Rohrzucker | 342 | 152,8 |
| Maltose | | 142,7 |
| Milchzucker | | 144,5 |
| Dextrose | 180 | 78,8 |
| Lävulose | | 89,6 |
| Mannit | 182 | 108 |
| Dulcit | | 97,5 |
| Resorcin | 110 | 63,4 |
| Hydrochinon | | 63,4 |
| Brenzkatechin | | 75,5 |

Die Molekularwärmen dieser Isomeren weichen in einzelnen Fällen recht bedeutend voneinander ab; diese Lösungen liefern mithin einen offenkundigen Beweis dafür, dass es unerlaubt ist, die Molekularwärme zusammengesetzter Stoffe der Summe der Atomwärmen der einzelnen Komponenten gleichzusetzen.

2. Löst man denselben Stoff in verschiedenen Lösungsmitteln, so sind die scheinbaren Molekularwärmen nicht gleich. Es ergiebt sich dies aus folgenden Zahlen:

| Substanz | Molekularwärme in wässeriger Lösung | Molekularwärme in alkohol. Lösung |
|---|---|---|
| Harnstoff | 21 | 28,1 |
| Resorcin | 63,4 | 56,7 |
| Hydrochinon | 63,4 | 56,7 |
| Brenzkatechin | 75,5 | 57,1 |
| Phenol | 71,5 | 51,4 |

Es ergiebt sich hieraus, dass es unzulässig ist, den Vorgang der Lösung einfach als den Übergang der Moleküle des gelösten Körpers in einen dem gasförmigen völlig äquivalenten Zustand anzusehen. Man sieht sich vielmehr zu der Annahme gedrängt, dass das Lösungsmittel auf den gelösten Körper einwirkt, und zwar derart, dass es eine Veränderung der Struktur und der Zahl der Grade der Bewegungsfreiheit bei dem gelösten Stoffe verursacht oder umgekehrt eine derartige Veränderung der Struktur und der Bewegungsfreiheit selbst erleidet.

1) Fortsetzung der in dieser Zeitschrift 1, 233, 1900, veröffentlichten Arbeit.

3. Die spezifische Wärme der elektrolytischen Lösungen bestätigt die Annahme, dass eine Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff eintritt, und zwar scheint für solche Lösungen wenigstens das Lösungsmittel durch den gelösten Stoff beeinflusst zu sein. Die spezifische Wärme von wässerigen elektrolytischen Lösungen ist im allgemeinen kleiner, als man nach der Summe der Wärmekapazitäten der Komponenten erwarten sollte. In den meisten Fällen müsste sogar die scheinbare Molekularwärme des gelösten Stoffes, wenn man von der Annahme ausgeht, dass die Molekularwärme des Lösungsmittels unverändert bleibt, mit wachsender Verdünnung negativ werden. Es ist natürlich völlig unzulässig, die spezifische Wärme des gelösten Stoffes oder eines Teiles desselben negativ anzunehmen und es bleibt somit nur die Auffassung möglich, dass die spezifische Wärme des Lösungsmittels oder doch eines Teiles von ihm durch die Gegenwart des gelösten Körpers vermindert werde. Infolge dieser Anschauung gelangt man zu einem Ausdruck für die Wärmekapazität $C$ einer elektrolytischen Lösung von der Form:

$$C = H + A - pB.$$

worin $H$ die ursprüngliche Wärmekapazität des Lösungsmittels, $p$ der Dissoziationsgrad oder das Verhältnis des in der Lösung dissoziierten Anteiles des gelösten Körpers zur gesamten gelösten Menge und $A$ bezw. $B$ positive Konstanten sind, die sich aus den Beobachtungen empirisch ergeben. Wendet man diese Formel auf die von Thomsen untersuchten Lösungen an, so giebt sie sehr genau die von diesem für verschiedene Konzentrationen erhaltenen Werte wieder. Die Übereinstimmung ist zu gut, als dass auch nur ein geringer Zweifel an der Berechtigung der Hypothese, auf der die Formel begründet ist, bestehen bleiben könnte.

4. Während der Messungen an Milchzucker beobachtete man, dass die aufeinander folgenden Werte der Molekularwärme in systematischer Weise sich änderten. Die Mittel aus drei Beobachtungsreihen an Lösungen, welche jedesmal ein Grammmolekel Milchzucker in 200 Grammmolekel Wasser enthielten, ergaben: 147, 138, 144, 147, 149, 151, 153, 150; diese Werte wurden in Intervallen von je 25 Minuten erhalten. Nach Verlauf von zwei Tagen oder mehr war die Molekularwärme konstant geworden und hatte den Wert 144,5 im Mittel erreicht. An einer verdünnteren Lösung wurde der Mittelwert 155 aus verschiedenen Bestimmungen erhalten, ohne dass ein Gang in den Beobachtungen sich gezeigt hätte. Entsprechende Lösungen, welche mit siedendem Wasser hergestellt wurden, zeigten ähnliche Eigenschaften. Der Endwert der Molekularwärme, der sich nach Verlauf einiger Tage einstellte, war der schon angegebene.

Diese Resultate deuten in Verbindung mit der von Erdmann entdeckten Veränderlichkeit des Drehvermögens von Milchzuckerlösungen darauf hin, dass in der wässerigen Lösung von Milchzucker eine fortschreitende Änderung der molekularen Anordnung erfolgt, die einige Stunden, nachdem die Lösung hergestellt ist, andauert.

Physikalisches Laboratorium der Princeton Universität, U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Forch.)

(Eingegangen 2. Oktober 1901.)

## Weitere Beobachtungen über die magnetisierende Wirkung von Blitzentladungen.

Von F. Pockels.

In dieser Zeitschrift **2**, 306, 1901, habe ich zwei Fälle mitgeteilt, in denen aus der remanenten Magnetisierung eines neben einem Blitzableiter angebrachter Basaltstäbchens auf die Maximalstromstärke von Blitzschlägen, welche jenen Blitzableiter getroffen hatten, geschlossen werden konnte. Diese Versuche wurden an demselben Orte — dem Observatorium des Monte Cimone — seitdem durch freundliche Vermittelung des Herrn C. Chistoni in Modena, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank dafür aussprechen möchte, fortgesetzt. Zunächst erhielt ich Anfang Juni d. J. einen Stab, der am 24. September vorigen Jahres in derselben Weise, wie die früheren Stäbe, ausgelegt worden war und der Schneeverhältnisse wegen erst am 3. Juni entfernt werden konnte. Die am 18. Juni gemessene Magnetisierung dieses Stabes entsprach einer Maximalstromstärke von 5600 Amp.; doch ist anzunehmen, dass die Magnetisierung bereits merklich abgenommen hatte; um wieviel entzieht sich, da das Datum des Blitzschlages unbekannt ist, der Schätzung, so dass obige Zahl wieder nur eine untere Grenze darstellt.

Da die Blitzableiteranlage des Observatoriums zwei Erdleitungen besitzt[1]), und somit die bisher mitgeteilten Zahlen sich immer nur auf einen Teil der Entladung beziehen, so wurden in diesem Jahre an beiden Erdleitungen Stäbe angebracht und zwar in 10 cm mittlerem Abstand. Am 18. September wurden mir zwei solche Paare von Stäbchen zugesandt mit

1) Auf dem achteckigen Gebäude befinden sich vier untereinander durch Kupferdrähte verbundene Auffangstangen, von denen zwei diametral gegenüberstehende mit Erdableitungen versehen sind.

der Mitteilung, dass das eine (A) einem Blitzschlage am 13. August um $15^h\ 30^m$, das andere (B) zwei am 7. September um $9^h\ 53^m$ und $9^h\ 55^m$ stattgehabten Blitzschlägen ausgesetzt gewesen ist. Die Stäbe B wurden am 19. September und 2. Oktober magnetometrisch untersucht, wobei sich zeigte, dass in der Zwischenzeit nur eine sehr geringe (2 bez. $3\frac{1}{2}$ Proz. betragende) Abnahme des Magnetismus stattgefunden hatte. Setzt man eine gleiche Abnahme für die Zeit von der Magnetisierung bis zur ersten Messung voraus, so ergiebt sich der Maximalwert der Entladungsstromstärke für den einen Stab zu 5000, für den anderen zu 3600 Ampère. Der Blitz hatte sich also ungleich geteilt, ob infolge ungleichen Widerstandes der Erdleitungen (welche nicht in Wasser endigen), oder weil vielleicht der Schlag eine der direkt abgeleiteten Auffangstangen getroffen hat, ist zur Zeit nicht zu entscheiden. Die Maximalstromstärke des ganzen Blitzschlages wird nun zwar im allgemeinen bei unsymmetrischer Teilung nicht gleich der Summe der Maxima der beiden Zweigströme sein, sondern etwas kleiner; wenn aber, wie für Blitze anzunehmen ist, die Entladungsstromstärke sehr schnell zu ihrem Maximum ansteigt und relativ langsam wieder abfällt, so kann die Abweichung von der Summe nur unbedeutend sein. Dann hat also die Maximalstromstärke des magnetisierenden Blitzes nahezu 8600 Ampère betragen. Da unbekannt ist, ob die beiden Entladungen vom 7. September gleich oder entgegengesetzt gerichtet waren, so bleibt fraglich, ob dieser Wert dem stärkeren oder dem letzten von ihnen zukommt; in Anbetracht seiner im Vergleich zu den früheren Fällen geringeren Grösse möchte man vermuten, dass die zweite Entladung entgegengesetzt gerichtet und schwächer war, als die erste.

Die Stäbe (A), welche während des Blitzschlages vom 13. August ausgelegen haben, zeigten auffallenderweise keine Spur von Magnetisierung. Dasselbe negative Resultat ergab ein Stab, der am Blitzableiter des Aussichtsturmes auf dem Melibocus (Odenwald) gelegen hatte, als dieser nach Aussage des dort stationierten Forstwarts von einem Blitzschlage getroffen wurde (am 1. Juli d. J.). Vorbehaltlich der Bestätigung durch weitere solche Erfahrungen wird man hieraus schliessen müssen, dass ausser operiodischen auch oszillierende Blitzentladungen vorkommen. Es wäre daher besonders erwünscht, dass künftig Magnetisierungsversuche an solchen Orten angestellt würden, wo zugleich zuverlässige persönliche Wahrnehmungen über die Eigentümlichkeiten der Blitzschläge verzeichnet werden können.

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

## Das Ingenieurlaboratorium der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Von C. Bach.

Dem mir von Herrn Riecke ausgesprochenen Wunsche, die Entstehung und die Einrichtungen des Ingenieurlaboratoriums der Technischen Hochschule Stuttgart an dieser Stelle zu erörtern, glaube ich insbesondere deshalb nachkommen zu sollen, weil es sich hierbei um ein Institut handelt, welches nicht ohne Interesse für den Physiker sein dürfte.

### Einleitung.

Als ich im Jahre 1878 aus der Industrie zur Lehrthätigkeit übertrat, fand sich hinsichtlich Laboratoriumseinrichtungen für Maschineningenieure an unserem Polytechnikum nicht das Geringste vor; es war eben damals die Erkenntnis von der Notwendigkeit derselben an den Technischen Hochschulen noch nicht tief genug eingedrungen, auch sonst viel zu wenig verbreitet. Nach Einarbeitung in den neuen Beruf betrachtete ich es als eine Hauptaufgabe, hier Wandel zu schaffen. Nach Massgabe meines Lehrauftrages (damals: Maschinenelemente, Hebezeuge, Elastizitätslehre, Dampfmaschinen, Dampfkessel) war dabei in zwei Richtungen vorzugehen. Es waren zu beschaffen:

1. Die Einrichtungen zur Untersuchung des Verhaltens der Konstruktionsmaterialien, zur Prüfung des Genauigkeitsgrades der Ergebnisse der Elastizitäts- und Festigkeitslehre, zur weiteren Ausbildung dieses Lehrgebietes auf Grundlage des thatsächlichen Verhaltens der Materialien, und zur Ermittelung der Erfahrungskoeffizienten, deren der Lehrer sowie der Konstrukteur auf dem bezeichneten Gebiete bedarf.

2. Die Einrichtungen zur Untersuchung von Wärmekraftmaschinen, insbesondere Dampfmaschinen einschliesslich Dampfkessel, und der wichtigsten in Betracht kommenden Arbeitsmaschinen, zur Ermittelung und Sicherstellung der wissenschaftlichen Grundlagen der Lehrgebiete, welche sich mit den genannten Maschinen, den hierzu gehörigen Vorrichtungen und den in ihnen sich vollziehenden Vorgängen zu befassen haben, sowie zur Ermittelung der nötigen Erfahrungszahlen.

Hierher gehören auch die Aufgaben, welche das Verhalten der Arbeitsflüssigkeiten, die für Kraft- und Arbeitsmaschinen in Betracht kommen, betreffen.

#### Zu Ziff. 1.

Wiederholt hatten Verhandlungen stattgefunden, um Einrichtungen zur Prüfung und Unter-

suchung des Verhaltens der Konstruktionsmaterialien zu schaffen, jedoch ohne Erfolg. Es gelang nicht, das vorliegende Bedürfnis auf normalem Wege, d. h. durch Einrichtung einer Materialprüfungsanstalt auf Staatskosten der Befriedigung zuzuführen. Ich musste auf andere Weise zu helfen suchen.

Im November 1881 stellte ich beim württembergischen Bezirksverein deutscher Ingenieure den Antrag, derselbe wolle an den Exekutivausschuss der damaligen Landesgewerbe-Ausstellung die Bitte richten, dass aus dem Ausstellungsüberschuss ein Betrag von 15000 bis 20000 Mark zur Errichtung einer Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum bewilligt werden möchte. Dank der Unterstützung, welche die Sache fand, hatte dieser Antrag die Gewährung von 10000 Mark zur Folge,[1]) die vom Königl. Finanzministerium auf 16000 Mark ergänzt wurden, womit nun die Errichtung der Anstalt ihren Anfang nehmen konnte, und zwar im Souterrain der Technischen Hochschule, woselbst ein Raum von 81 Quadratmeter zur Verfügung stand, der mit dem zu gleicher Zeit sich entwickelnden Laboratorium für Elektrotechnik zu teilen war. Zu Anfang des Jahres 1884 wurde die Anstalt dem öffentlichen Betriebe übergeben. Rund 6 Jahre habe ich sie mit einem Arbeiter allein geführt; 1890 trat ein Assistent hinzu. Sie wurde unter Aufwand von nicht selten recht bedeutender Anstrengung allmählich weiter entwickelt. Für ihre heutigen Einrichtungen wurden reichlich 50000 Mark aufgewendet; an Raum sind zugewachsen 254 qm, so dass die Anstalt jetzt über 335 qm Grundfläche verfügt. Thätig sind an ihr ausser mir als Vorstand, 1 Betriebsingenieur, 2 Assistenten für Unterricht und 2 Arbeiter. Die Einrichtungen sind zerstreut im älteren Flügel der Technischen Hochschule untergebracht. Die Errichtung eines Neubaues für die Anstalt ist beantragt.

Im Laufe der Zeit war es auf dem bezeichneten Wege dank der Unterstützung, welche sich schliesslich von verschiedenen Seiten einstellte, möglich geworden, die Anstalt, deren Zweck zunächst und in der Hauptsache nur darin bestand, auf Grund eingehender Aufträge Materialien zu prüfen, auch zu einer Arbeitsstätte für Unterrichts- und Forschungszwecke zu machen[2]), welche allerdings infolge ihrer Gründung unter ungünstigen Verhältnissen die Verpflichtung hat, sich einen grossen Teil der für die Versuche nötigen Gelder selbst zu verdienen, indem sie auf Bestellung von auswärts Untersuchungen durchführt und hierfür bezahlt wird. Dass nur ein Bruchteil der auf Grund auswärtiger Bestellung zur Durchführung gelangenden Versuche in wissenschaftlicher Hinsicht oder vom Standpunkte des Unterrichtes aus von erheblichem Interesse ist, liegt auf der Hand. Nichtsdestoweniger halte ich es doch für sehr nützlich, dass die Anstalt solche Aufträge entgegenzunehmen und auszuführen hat.

Zu Ziff. 2.

Am drückendsten empfand ich es, dass keine Dampfmaschinenanlage für den Unterricht vorhanden war. Da keine Aussicht bestand, dass Mittel durch eine ausserordentliche Bewilligung sich beschaffen lassen würden, so begann ich 1880 mit der Beschaffung eines Dampfcylinders, dessen Kosten in der Höhe von 1440 Mark in den Etatsjahren 1880/81 und 1881/82 bezahlt wurden. Bis zum Etatsjahr 1885/86 war es durch entsprechende Beschränkung über den verfügbaren Lehrmittelfonds möglich geworden, die übrigen zu einer Dampfmaschine gehörigen Teile, d. h. unter Zurückgabe des Dampfcylinders eine ganze Dampfmaschine zu erwerben, so dass nun an die Beschaffung des Raumes für die Aufstellung der Maschine gegangen werden konnte. Das Ergebnis war nach längeren Bemühungen die Bewilligung der Mittel seitens des Königl. Finanzministeriums zur Erweiterung des vorhandenen Kesselhauses der Centralheizungsanlage des Polytechnikums. Diese Erweiterung und das Maschinenfundament wurden so ausgeführt, dass die Eincylindermaschine später zur Zweicylindermaschine ergänzt werden konnte.

1886 war die Dampfmaschine aufgestellt. Zum Betriebe mussten zunächst die beiden Dampfkessel der Centralheizungsanlage, welche nur bis 3 Atm. Druck reichten, benutzt werden. Damit begann 1886 die Unterweisung der Studierenden an der eigenen Dampfmaschine der Hochschule. 1888 wurde es möglich, einen neuen Dampfkessel für 9 Atm. Überdruck zu

1) Vergl. Wochenschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1882, S. 6 und 151.

2) Über einen Teil der Arbeiten, welche aus der Anstalt hervorgegangen sind, geben die Veröffentlichungen des Verfassers Auskunft:

Abhandlungen und Berichte, Stuttgart 1897;

Elastizität und Festigkeit, 3. Auflage, Berlin 1898;

Maschinenelemente, 8. Auflage, Stuttgart 1901;

Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 1, Berlin 1901;

Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen, Heft I bis V, Berlin 1893/1900.

Die Arbeiten, welche auf Bestellung von auswärts ausgeführt und auf Grund deren Prüfungszeugnisse ausgestellt wurden, sind in den Jahresberichten der Technischen Hochschule Stuttgart 1884/1901 enthalten. Sie umfassen bis zum 30. Juni 1900:

21700 Zugversuche mit Körpern der verschiedensten Art,

3616 Druckversuche mit Körpern der verschiedensten Art u. s. w.

Über die maschinellen Einrichtungen (Wirkungsmaschinen u. s. w.) finden sich Mitteilungen in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1901, S. 1246 und 1247.

beschaffen. Hieran schloss sich die Erwerbung des Zubehörs: Dampfpumpe, Injektor u. s. w. sowie 1892 die Ergänzung zur Zweicylindermaschine. 1894 trat ein Oberflächenkondensator hinzu.

Dazwischen gelang es, die Vorrichtungen zu Ventilversuchen[1], wie auch sonstige Einrichtungen dank der Unterstützungen von verschiedenen Seiten zu beschaffen.

Die erforderlichen Messinstrumente waren nach und nach erworben worden.

Ein besonderer Betriebsfonds für alle diese Einrichtungen wurde erstmals für die Etatsjahre 1895/96 von den Ständen verlangt und bewilligt.

Im Zusammenhange mit dem Zwecke der vorstehend besprochenen Einrichtungen steht die seit 1892 getroffene Einrichtung des Heizens von Dampfkesseln durch Studierende unter Anleitung eines Lehrheizers[2] während der Frühjahrsferien. Gleichzeitig heizen 4 oder 5 Studierende, von denen jeder einen grossen Kessel mit 2 Feuerungen 3 Arbeitstage lang zu bedienen hat. Bisher hat jedes Jahr die Stuttgarter Zuckerfabrik ihre Dampfkessel zu den Heizübungen in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Die grösste Zahl der Teilnehmer an diesem Heizkurs hat bis jetzt 67 betragen.

Ferner gehört hierher die Heranziehung der Maschinen- und Kesselanlagen von industriellen Anlagen des Landes zu Versuchszwecken, die jedoch grossen Schwierigkeiten begegnen musste, wenn es sich um das Einlernen noch ganz ungeübter Studierender handelt.

Auch auf die Versicherung der Studierenden gegen Unfälle bei Versuchen und Exkursionen, wie sie im Jahr 1889 eingeführt worden ist, muss hier verwiesen werden.[3]

Auf die Dauer konnte die im Kesselhause der Centralheizungsanlage untergebrachte Dampfmaschine nebst Zubehör den Anforderungen der Unterrichtsinteressen nicht genügen. Es wurden viel weitergehende Einrichtungen erforderlich. Dazu kam, dass daselbst im Sommer eine Temperatur von 40 bis 45° C. einzutreten pflegte; selbst im Winter erreichte die Temperatur 35 bis 38° C. Die natürliche Entwicklung verlangte die Errichtung eines eigenen Institutes. Die dahin gehende, seitens der Königlichen Regierung im Entwurfe des Hauptfinanzetats 1897/99 eingebrachte Forderung fand die Genehmigung der Stände.

1) Vergl. C. Bach, „Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand", Berlin 1884, sowie „Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbstthätiger Pumpenventile" in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1886/87 (Abhandlungen und Berichte S. 15 u. f.).

2) Vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1893, S. 697; 1896, S. 494.

3) Die Technische Hochschule in Stuttgart war die erste Hochschule, welche eine solche Versicherung einführte. Vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1890, S. 1058, (Abhandlungen und Berichte, S. 108).

## Plan für das Ingenieurlaboratorium.

In der Hauptsache sollte das Institut diejenigen Einrichtungen erhalten, welche für die Energie in Form von Wärme erforderlich sind; während beispielsweise das elektrotechnische Institut diejenigen Einrichtungen besitzt, welche für die Energie in Form des elektrischen Stromes nötig erscheinen. Der Energieträger „Dampf" sowohl in gesättigtem, als auch in überhitztem Zustande — sollte hierbei in erster Linie stehen.

Ausserdem war für die Energieträger „Druckwasser" und „Pressluft" das wesentliche vorzusehen.

Untersuchungen über das Verhalten der Arbeitsflüssigkeiten, welche für die Kraft- und Arbeitsmaschinen in Betracht kommen, namentlich Versuche auf dem Gebiete der Hydraulik, Versuche über Wärmetransmission, sollten, soweit es die Verhältnisse gestatten, ermöglicht werden.

Die zur Untersuchung von Wassermotoren, insbesondere Turbinen geplanten Einrichtungen mussten der Kosten wegen einer späteren Erweiterung vorbehalten bleiben. Doch ist das Erforderliche vorgesehen.

Auf Grund der von mir vorgelegten Entwurfszeichnungen arbeitete der Vorstand des K. Bezirksbauamts Stuttgart, Baurat Knoblauch, die schliesslichen Ausführungspläne für die Hochbauten aus, auch besorgte er die Leitung der letzteren. Der Entwurf und die Leitung der maschinellen Bauten und aller hierzu gehörigen Einzelheiten lagen mir ob.

## Bauplatz.

Als Bauplatz für das Laboratorium wurde das in Berg am Neckarkanal zwischen der Poststrasse und der Einmündung des Nesenbaches, also unmittelbar vor der König-Karls-Brücke gelegene, dem Staate gehörige Grundstück gewählt. Hier steht fliessendes Wasser, dessen das Laboratorium zu Zwecken der Kondensation von Dampf, zu Untersuchungen mit Pumpen u. s. w. schon jetzt in grossen Mengen bedarf, und das später — nach Erweiterung des Instituts durch die Einrichtungen zur Untersuchung von Wasserrädern, insbesondere Turbinen — in noch weit grösserer Masse erforderlich wird, ausreichend zur Verfügung. Die erhebliche Entfernung des Laboratoriums vom Hauptgebäude der Technischen Hochschule bildet kein Hindernis, da der Unterricht im Laboratorium die Studierenden in der Regel einen halben oder ganzen Tag in Anspruch nimmt.

Einrichtung des Laboratoriums. (Vgl. die beigegebenen Tafeln.)

Dasselbe weist zunächst das Lehrgebäude auf, in Blatt 1 der die übrigen Baulichkeiten überragende linke bezw. rechte Teil des Gebäudes.

Das Erdgeschoss (vergl. Blatt 4) enthält die Wohnung des Maschinenmeisters, bestehend aus 3 Zimmern und einer Küche, sowie einen Durchgang. Darüber befindet sich der Vortragssaal (vergl. Blatt 3), welcher auch zum Zeichnen und nach Ausräumung der Bänke und Tische zu Versuchszwecken benutzt werden kann; dahinter der Wasch- und Umkleideraum für die Studierenden mit den erforderlichen Kleiderschränken, sowie links davon ein Zimmer für Sonderuntersuchungen, in welchem ein Luftkompressor mit Elektromotor aufgestellt ist.

Das obere Geschoss (vergl. Blatt 4) enthält ein Zimmer für die Aufbewahrung von Instrumenten, für Bücher und Zeitschriften zum Nachschlagen, ein Zimmer für den Vorstand, ein solches für den Maschineninspektor und ein Zimmer für weitere Hilfskräfte.

Das Kellergeschoss kann zu Versuchszwecken herangezogen werden und ist demgemäss eingerichtet.

An das Lehrgebäude schliesst sich links die Maschinenhalle an (vergl. Blatt 1, unter Figur 3 und 4), dahinter das Kesselhaus, rechts davon der Kohlenraum, links der Kraftgas- und der Gasmotorenraum, hinter letzterem die Schmiede, darüber die Werkstatt. Den Aufbau dieser Teile des Laboratoriums zeigen: der Längsschnitt auf Blatt 4 und der Querschnitt auf Blatt 5.

In der Maschinenhalle oben befindet sich die liegend angeordnete Hauptdampfmaschine mit dreistufiger Expansion in 4 Cylindern (vergl. Blatt 2). Der gemeinschaftliche Hub beträgt 760 mm, der Durchmesser des Hochdruckcylinders 250 mm, derjenige des Mitteldruckcylinders und der beiden Niederdruckcylinder 400 mm. Die minutliche Umdrehungszahl kann zwischen 20 und 130 beliebig während des Ganges gewechselt werden. Bei 12 Atm. (Überdruck) Anfangsspannung (die Kessel sind für 15 Atm. höchste Betriebsspannung genehmigt), bei 100 Umdrehungen in der Minute und bei ungefähr ein Viertel Füllung des Hochdruckcylinders beträgt die Nutzleistung rund 100 Pferdestärken. Die Steigerung der Leistung auf etwa das Doppelte ist möglich.

Die Maschine wurde derart eingerichtet, dass sie arbeiten kann: als dreistufige Expansionsmaschine, als Maschine mit zweistufiger Expansion sowohl in Tandem-, als auch in Verbundanordnung (Kurbelwinkel 0°, bezw. 90°), sowie als Eincylindermaschine.

Die Maschine gestattet nicht bloss Betrieb mit gesättigtem Dampf, sondern auch mit Dampf in überhitztem Zustande bis etwa 270° C. Anfangstemperatur.

Die Behältervolumina können geändert werden, ebenso die schädlichen Räume.

Die Steuerung, durch Ventile und Corlisschieber erfolgend, ist verstellbar, so dass die Dampfverteilung innerhalb weiter Grenzen geändert werden kann.

Die Maschine kann mit Einspritz- oder mit Oberflächenkondensation betrieben werden.

Die Heizung der Mäntel und Deckel ist abstellbar eingerichtet.

Im ganzen ist bei der Konstruktion der Maschine ihr Sonderzweck stets im Auge behalten und sie demgemäss mit den für die Zwecke des Unterrichts und der Forschung angezeigten Einrichtungen nach Möglichkeit ausgerüstet worden. Sie wurde von der Firma G. Kuhn in Berg geliefert und darf als ein hervorragendes Erzeugnis des deutschen Maschinenbaues bezeichnet werden.

Die Dampfmaschine treibt, falls ihre Leistung nicht abgebremst wird, mittels Riemen bei Scheibendurchmessern von 4000 mm und 5800 mm (vergl. Blatt 4) zwei im unteren Geschosse liegende, gekuppelte, doppeltwirkende Pumpen (vergl. Blatt 4, 5 und 3) von 170 mm Cylinderdurchmesser und 760 mm Hub. Die eine Seite dieses Zwillingspumpwerks ist mit selbsthätig spielenden Ventilen, die andere Seite mit gesteuerten Ventilen versehen. Als höchster Betriebsdruck sind 100 m Wassersäule vorgesehen. Stündlich können etwa 250 Kubikmeter Wasser, welches dem Neckarkanal entnommen wird und später wieder in denselben zurückfliesst, gefördert werden.

Zur Messung der von dem Pumpwerk thatsächlich geförderten Wassermenge dienen die im Grundriss Blatt 3 gezeichneten Wasserbehälter.

Die Pumpen mit Zubehör wurden gleichfalls in der Maschinenfabrik von G. Kuhn in Berg gebaut.

Als stehende Dampfmaschine ist eine Heissdampfmaschine, geliefert von der Dingler'schen Maschinenfabrik in Zweibrücken, mit zwei liegenden, einfach wirkenden Hochdruckcylindern (220 mm Durchmesser) und einem stehenden, doppeltwirkenden Niederdruckcylinder (400 mm Durchmesser) bei 350 mm gemeinschaftlichem Hub angeordnet (vergl. Blatt 5, Erdgeschoss rechts). Sie ist für überhitzten Dampf bis 360° C. und für eine Anfangsspannung von 12 Atm. Überdruck bestimmt. Ihre Leistung beträgt für 170 Umdrehungen in der Minute bei 11 Atm. Anfangsspannung, 320° C. Eintrittstemperatur und rund 30 Proz. Füllung in den Hochdruckcylindern reichlich 50 Nutzpferdestärken.

Die Maschinenhalle ist mit einem Laufkrahn für 4000 kg Höchstlast, geliefert von der Maschinenfabrik E. Becker in Berlin, ausgerüstet (Blatt 2, 4 und 5). Im Erdgeschoss befindliche Teile, welche durch den oberen Boden der Maschinenhalle verdeckt sind, können durch herausnehmbare Platten in diesem Boden für den Laufkrahn zugänglich gemacht werden. Das 4 Meter hohe Mittelthor der Maschinenhalle ermöglicht in Verbindung mit den an dieser Stelle ebenfalls herausnehmbar angeordneten Bodenplatten in bequemer Weise das Aus- und Einbringen von grossen und schweren Teilen, wie z. B. der Hälften der grossen Schwungradriemscheibe auf der Kurbelwelle des Pumpwerks.

In der Maschinenhalle finden sich weiter die Einrichtungen zu Versuchen mit Ventilen, zur Bestimmung der Massstäbe für Indikatorfedern mit einem bis 23 Atm. reichenden Quecksilbermanometer, eine Centrifugalpumpe u. s. w. Die letztere (vergl. Blatt 4 und 5, Kellergeschoss), welche von der Transmission, auf die ein Gasmotor wirkt, betrieben wird, hat bei eintretendem Hochwasser noch die Aufgabe, das trotz des Abschlusses durch undichte Stellen eintretende Wasser fortzuschaffen und so das zum grossen Teile unter dem Hochwasserspiegel liegende unterste Geschoss freizuhalten.

Das Kesselhaus (Blatt 3 und 5) enthält 3 Dampfkessel für Dampfspannungen bis 15 Atm. und zwar:

1 Kessel mit rund 100 qm Heizfläche nach System Prégardien mit Schrägrostfeuerung.
1 Kessel mit 15 qm Heizfläche, Lokomobilsystem,
1 Kessel mit 8 qm Heizfläche, Dampfspritzensystem.

Ferner enthält das Kesselhaus:

1 Dampfgefäss (mittelbar geheizter Dampfkessel) zur Erzeugung von Dampf bis reichlich 12 Atm. Betriebsdruck,
1 Dampfüberhitzer für Überhitzung bis 400° C.,
1 Speisewasserreiniger,
1 Wägevorrichtung für die Kohlen,
3 Wägevorrichtungen für das Speisewasser,
4 Speisepumpen,
1 Injektor,

und zur Kraftgasanlage gehörig:

1 kleinen Dampfkessel, den Generator und den Vorwärmer.

Die beiden zuerst angeführten Kessel sowie das Dampfgefäss wurden von der Maschinenfabrik Esslingen geliefert, der dritte Dampfkessel von der Wagenbauanstalt und Waggonfabrik vormals Busch in Bautzen, der Dampfüberhitzer von A. Hering in Nürnberg, der Speisewasserreiniger von Hans Reisert in Köln, die Wagen von Haushahn in Stuttgart, die Speisepumpen von G. Kuhn in Berg.

An den inneren Umfassungswandungen des Kesselhauses entlang ist ein Kanal angeordnet (Blatt 3), in welchem die Rohrleitungen für Dampf und Wasser untergebracht sind. Von demselben führt eine Kanalabzweigung nach dem Kellergeschoss des Lehrgebäudes, um bei notwendig werdender Heranziehung desselben zu Versuchszwecken Dampf und Wasser bequem nach dort leiten zu können.

Der vom Kohlenraum kommende Kohlenwagen kann auf der beim Eintritt in das Kesselhaus vorhandenen Brückenwage (Blatt 3) gewogen werden.

Der Schornstein (vergl. insbesondere Blatt 5) von 35 m Höhe und 1 m kleinster Lichtweite trägt aussen in einfacher Weise durch Spannringe befestigt eine Leiter, damit in verschiedenen Höhen Temperatur und Zug im Innern bestimmt werden können, zu welchem Zweck an den Stellen, wo dies geschehen soll, Rohrstücke eingemauert sind, durch die Thermometer und Zugmesser eingebracht werden. Auch Gase zur Untersuchung können an diesen Stellen entnommen werden. Um das Abstürzen der Studierenden oder anderer Personen, welche die Ablesungen der Instrumente oder sonstige Besorgungen auszuführen haben, zu verhindern, wurde die Leiter mit Schutzbügeln versehen.

Der an das Kesselhaus links sich anschliessende Kraftgasraum (Blatt 3) enthält den Skrubber mit Wasserrieselung, den Wascher, den Gasbehälter und einen Gasmesser.

In dem daneben liegenden Gasmotorenraum sind eine 8pferdige und eine 25pferdige Gaskraftmaschine nebst den dazu gehörigen und für die Untersuchung erforderlichen Einzelheiten aufgestellt. Für gewöhnlich wird der 8pferdige Motor mit Leuchtgas betrieben, doch kann er ebenso mit Kraftgas gespeist werden, wie dem 25pferdigen Kraftgasmotor Leuchtgas zugeführt werden kann.

Die Kraftgasanlage, die Gasmotoren nebst allem Zubehör wurden von der Gasmotorenfabrik Deutz geliefert.

In der über dem Gasmotorenraum liegenden Werkstatt finden sich: 2 Drehbänke, 1 Bohrmaschine, 1 Feilmaschine, 1 Schleifstein u. s. w., sowie die Transmission, welche von den Gasmotoren angetrieben werden kann; ferner die Einrichtungen zu Untersuchungen von Getrieben. Ein Schwenkkrahn (Blatt 3) ermöglicht den Transport schwerer Gegenstände in die Werkstatt und von ihr ins Freie.

Die hinter dem Gasmotorenraum gelegene Schmiede (vergl. Blatt 3) ist durch eine verglaste Wendeltreppe von der Werkstatt aus leicht zugänglich.

Der hinter dem Kesselhaus stehende Schup-

pen (Blatt 3 und 5) ist zur Hälfte für die Aufbewahrung von Brennmaterial bestimmt, zum anderen Teile zur Unterbringung von beweglichen Einrichtungen verschiedener Art, insbesondere von solchen zu hydraulischen Versuchen; ausserdem ist in diesem Teil ein Erdölmotor aufgestellt. Die vorhandene Gleisverbindung mit Drehscheibe (Batt 3) ermöglicht den leichten Transport der betreffenden Einrichtungen.

An Betriebspersonal stehen dem Laboratorium ausser mir als Vorstand zur Verfügung: ein wissenschaftlich gebildeter Maschineningenieur (Maschineninspektor), ein Maschinenmeister, 2 Schlosser, 1 Heizer und 1 Arbeiter.

Bei dem Entwurf des ganzen Baues und seiner Einzelheiten bin ich — soweit es die Verhältnisse jeweils gestatteten — auf möglichste Zugänglichkeit, auf thunlichst viel Licht (vergl. insbesondere Bl. 2) sowie darauf bedacht gewesen, dass die Räume, die Maschinen und sonstigen Einrichtungen sauber gehalten werden können, und zwar nicht bloss im unmittelbaren Interesse des Unterrichts sowie zum Zwecke, die Instandhaltung zu sichern, sondern namentlich auch deshalb, damit die Studierenden, welche in dem Laboratorium gearbeitet haben werden, sich während ihrer späteren Thätigkeit als entwerfende und ausführende Ingenieure derselben Rücksichtnahme befleissigen möchten. In den bezeichneten Richtungen wird heute bekanntlich noch recht häufig gesündigt.

Dabei wurde der Umstand, dass das Laboratorium seiner Natur nach nicht ein auf Jahrzehnte hinaus fertiges Institut, sondern eine in fortgesetzter Entwicklung begriffene Arbeitsstätte für Unterricht und Forschung ist, stets im Auge behalten.

### Bauzeit und Beginn des Betriebs.

Die Grabarbeiten wurden im April 1898 begonnen und bereits im Januar 1900 konnten die ersten Übungen mit Studierenden an der Hauptdampfmaschine aufgenommen werden. Um dies zu erreichen, war allerdings eine recht sorgfältige Vorbereitung, eine sehr eingehende, viel Mühe und Zeit erfordernde Durcharbeitung der maschinellen Einrichtungen und ihrer Einzelheiten in verhältnismässig kurzer Zeit nötig. Würde die Industrie weniger stark beschäftigt gewesen sein, so dass die vereinbarten Lieferungszeiten eingehalten worden wären, so hätten die ersten Übungen bereits im Oktober 1899 begonnen werden können.

Stuttgart, den 19. Juli 1901.

# VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

**Theodor Paul (Tübingen), Die Bedeutung der Ionen-Theorie für die physiologische Chemie.**[1]

Weitaus die meisten biologischen Vorgänge in Pflanzen und Tieren beruhen auf einer Wechselwirkung der Stoffe in gelöstem Zustande, da nicht nur die flüssigen Bestandteile der Organismen, sondern auch die festeren Gewebe als Lösungen aufzufassen sind, seitdem die neuere Chemie ausser den flüssigen auch feste Lösungen kennt. Es war deshalb zu erwarten, dass die Fortschritte, welche man in der Erkenntnis des Wesens der Lösungen machte, auch befruchtend auf die Physiologie einwirken, und dass zwei wissenschaftliche Errungenschaften ersten Ranges, die Theorie der Lösungen von van't Hoff und die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Svante Arrhenius, durch welche unsere Anschauungen vom Zustande der Stoffe in Lösungen in vollkommen neue Bahnen gelenkt worden sind, für gewisse Gebiete der physiologischen Chemie einen Wendepunkt bedeuten würden. Obwohl die Zahl der Forscher, welche diese Theorien für die Lösung physiologisch-chemischer und allgemein-physiologischer Probleme nutzbar zu machen versuchten, noch relativ klein ist, und wenn auch die Ergebnisse ihrer Untersuchungen vielfach noch sehr lückenhaft sind, so lässt sich doch schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, dass viele der zahllosen Widersprüche und Unklarheiten, denen man in der physiologischen Litteratur so häufig begegnet, nur auf Grund dieser neueren Anschauungen gelöst werden können. Bisher nahm man an, dass in einer wässerigen Lösung, z. B. in einer Kochsalzlösung, neben den Wassermolekeln Chlornatrium-Molekeln enthalten sind. Da aber eine solche Lösung den elektrischen Strom leitet, und da deren osmotischer Druck grösser ist, als den molekularen Verhältnissen entspricht, so nimmt man nach der Theorie der elektrolytischen Dissoziation oder der „Ionen-Theorie" an, dass in einer Kochsalzlösung nicht sämtliches Salz in der Form von *NaCl*-Molekeln enthalten ist, sondern dass die Mehrzahl der letzteren in elektrisch geladene Teilstücke, die Natrium-Ionen (*Na*-Ionen)

1) Vereinigte Sitzung der beiden Hauptgruppen, Mittwoch, 25. September 1901.

und die Chlor-Ionen (*Cl*-Ionen), zerfällt, welche den Transport der Elektrizität beim Durchgange eines elektrischen Stromes vermitteln, und deren jedes den osmotischen Druck der Lösung in demselben Grade beeinflusst, wie eine intakte Molekel. Dieser Vorgang der Spaltung der Kochsalzmolekeln in elektrisch geladene Ionen, welcher stets mit dem Auflösen des Salzes in Wasser verbunden ist und ohne jede Zuführung der Elektrizität von aussen vor sich geht, findet bei sämtlichen Salzen, Säuren und Basen statt, Stoffen, deren wässerige Lösungen den elektrischen Strom leiten, und welche man deshalb mit dem gemeinsamen Namen „Elektrolyte" bezeichnet. So zerfällt das salpetersaure Silber $AgNO_3$ in das positive Silber-Ion (*Ag*-Ion) und in das negative Salpetersäure-Ion ($NO_3$-Ion), das chlorsaure Kalium in das positive Kalium-Ion (*K*-Ion) und in das negative Chlorsäure-Ion ($ClO_3$-Ion). Die Säuren sind dadurch charakterisiert, dass sie sämtlich in wässeriger Lösung positive Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) abspalten, unter gleichzeitiger Bildung eines für jede Säure charakteristischen negativen Ions. Die Ionen der Salzsäure sind die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Chlor-Ionen (*Cl*-Ionen), diejenigen der Salpetersäure die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Salpetersäure-Ionen ($NO_3$-Ionen), und die der Essigsäure die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Essigsäure-Ionen ($CH_3.COO$-Ionen). Die Basen sind Verbindungen, welche in wässeriger Lösung negative Hydroxyl-Ionen (*OH*-Ionen) neben den für jede Base spezifischen positiven Ionen abspalten. So enthält die Kalilauge ausser den negativen Hydroxyl-Ionen (*OH*-Ionen) positive Kalium-Ionen (*K*-Ionen), die Natronlauge positive Natrium-Ionen (*Na*-Ionen) und die wässerige Ammoniaklösung positive Ammonium-Ionen ($NH_4$-Ionen). Die „Stärke" der Säuren und Basen richtet sich nach dem Dissoziationsgrade dieser Verbindungen. Eine Säure oder eine Base ist um so stärker, je grösser die Konzentration der positiven Wasserstoff-Ionen oder negativen Hydroxyl-Ionen in ihrer wässerigen Lösung ist, wenn gleiche molekulare Mengen dieser Verbindungen gelöst werden. So ist die Essigsäure eine ungefähr hundertmal schwächere Säure, als die Salzsäure, und das Ammoniak eine ungefähr hundertmal schwächere Base, als die Kalilauge.

Obgleich diese neue Auffassung vom Zustande der Stoffe in Lösungen, gegenüber unserer bisherigen Anschauung, wegen der angenommenen Spaltung der Molekeln und des Heranziehens neuer hypothetischer Hilfsstoffe, der Ionen, eher einen Rückschritt als einen Fortschritt zu bedeuten scheint, lässt sich doch an einer Reihe von praktischen Beispielen zeigen, dass uns die Ionen-Theorie die Mittel und Wege an die Hand giebt, die Zusammensetzung verschiedener bisher ungenügend erforschter Körperflüssigkeiten zu ermitteln, und dass sie uns in den Stand setzt, komplizierte physiologisch-chemische Vorgänge auf einfache wohlbekannte Gesetze zurückzuführen, und für die physiologische Wirkung vieler Stoffe eine einheitliche und ungezwungene Erklärung zu geben. So bedeutete es einen prinzipiellen Fortschritt, als vor einigen Jahren St. Bugarszky und F. Tangl bei ihren Untersuchungen über die Zusammensetzung des Blutserums durch die Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung, welche sich mit Hilfe der von Ernst Beckmann konstruierten Apparate in kurzer Zeit mit grosser Genauigkeit ausführen lässt, die Gesamtkonzentration der gelösten nichtdissoziierten Molekeln und der Ionen ermittelten, und die Konzentration der letzteren durch elektrische Leitfähigkeitsversuche feststellten. Eine ähnliche Untersuchung hat fast gleichzeitig Hans Koeppe über den Salzgehalt der Frauen- und Kuhmilch ausgeführt. Seitdem Réaumur als einer der ersten um die Mitte des 18. Jahrhunderts den Magensaft von Tieren auf seine Acidität untersuchte, ist die Zahl der darüber veröffentlichten Arbeiten auf mehrere Hunderte angewachsen. Trotzdem ist es bisher nicht möglich gewesen, die Konzentration der Säure im Magensaft in absoluten Zahlen anzugeben. Die Ursache dieses Misserfolges liegt neben der Unzulänglichkeit der Untersuchungsmethoden vor allem in der Fragestellung. Nachdem man in Erfahrung gebracht hatte, dass der Mageninhalt zur regelrechten Verdauung der Speisen sehr stark reagieren muss, war man vor allem darauf bedacht, die „freie Salzsäure" quantitativ zu bestimmen. Über den Begriff der „freien Salzsäure" herrschten indessen fast ebensoviele Ansichten, als es Untersuchungsmethoden gab, und eine Klärung dieser verschiedenen Anschauungen wurde noch dadurch um so schwieriger, als die im Magen gleichzeitig anwesenden Eiweissstoffe und Amidoverbindungen, je nach dem Grade der vorhandenen Acidität, verschiedene Mengen der „freien Säure" locker zu binden vermögen, sie aber mehr oder weniger abgeben, wenn die Konzentration der „freien Säure" unter einen gewissen Betrag sinkt. Da also die vorübergehend an Eiweissstoffe und andere Substanzen gebundene Säure ebenfalls an der Verdauung teilnehmen kann, machte man den Vorschlag, nicht die „freie Salzsäure", sondern die „physiologisch wirksame Salzsäure" zu bestimmen. Durch die Einführung dieses neuen Begriffes war wohl ein neuer Gesichtspunkt für die Beurteilung der nach den verschiedenen Untersuchungsmethoden erhaltenen Resultate

geschaffen, nicht aber ein Weg gefunden, die Frage objektiv zu lösen. Die Ionen-Theorie setzt uns in den Stand, den Begriff der Acidität des Magensaftes in ganz unzweideutiger Weise zu präzisieren: Die Acidität ist identisch mit der Konzentration der darin enthaltenen Wasserstoff-Ionen. Die exakte Messung derselben lässt sich mit Hilfe einer galvanischen Konzentrations-Kette bewerkstelligen, deren Theorie von Walter Nernst aufgestellt wurde. Die Titration lässt sich hierzu nicht benutzen, da gleiche molekulare Mengen der starken Salzsäure und der schwachen organischen Säuren, wie Essigsäure und Buttersäure, gleiche Volumina Kalilauge oder Natronlauge zur Sättigung brauchen. Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, dass sich mit Hilfe passend gewählter Indikatoren, wie z. B. Methylviolett, Tropäolin oder Kongorot, welche erst auf eine grössere Wasserstoff-Ionen-Konzentration reagieren, für die ärztliche Praxis brauchbare, vergleichende Werte ermitteln lassen. Ja, es ist wünschenswert, dass diese Methode mit Hilfe der Theorie der Indikatoren weiter ausgebildet wird, welche Wilhelm Ostwald auf Grund der Ionen-Theorie aufgestellt hat, und die es ermöglicht, die zahlreichen Indikatoren der Acidimetrie und Alkalimetrie nach einem einheitlichen Gesichtspunkte zu klassifizieren und die für jeden Indikator charakteristische Empfindlichkeitsgrenze festzustellen. In neuester Zeit hat Rudolf Höber versucht, die Konzentration der Hydroxyl-Ionen im Blut, also dessen Alkaleszenz zu bestimmen, indem er defibriniertes Rinderblut mit verdünnter Natronlauge bezw. Salzsäure von bestimmtem Gehalt zu einer galvanischen Konzentrationskette verband und die elektromotorische Kraft des auftretenden galvanischen Stromes ermittelte. Wenn auch die bei diesen ersten Versuchen erhaltenen Zahlen noch mit recht grossen Fehlern behaftet sind, so zeigen sie doch die prinzipielle Brauchbarkeit der Methode. Die Eigenschaft der Eiweissverbindungen, mit stärkeren Säuren lockere, salzartige Verbindungen zu bilden, welche für die Pepsinverdauung sehr wichtig sind, hat vor mehreren Jahren John Sjövist auf Grund der Ionen-Theorie klar gelegt und mit Hilfe von elektrischen Leitfähigkeitsmessungen quantitativ bestimmt. Einige Jahre später (1898) haben Stefan Bugarsky und Leo Liebermann das Bindungsvermögen eiweissartiger Stoffe für Salzsäure, Natriumhydroxyd und Kochsalz durch die Messung der elektromotorischen Kräfte in galvanischen „Gasketten" und durch die Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung ermittelt. Die nach diesen, voneinander unabhängigen Methoden gefundenen Werte stimmen ganz befriedigend überein und sind insofern ein Beweis für die Stichhaltigkeit und Zweckmässigkeit der neueren Anschauungen, als die darauf gegründeten Rechnungen sich der Erfahrung anschliessen.

Paul Grützner hatte gefunden, dass die Kaseïnfällung in der Milch, welche durch äquimolekulare Säurelösungen veranlasst wird, je nach der Stärke der betreffenden Säure quantitativ ganz verschieden ist. Setzt man den Säurelösungen gleichionige Salze zu, wie z. B. der Essigsäure essigsaures Natrium, so wird die Menge des ausgefällten Kaseïns geringer, obwohl bekanntlich die Salze die Ausfällung von Eiweisskörpern im allgemeinen unterstützen. Wie war diese merkwürdige Erscheinung zu erklären? Die Ionen-Theorie giebt auf diese Frage folgende Antwort: die Konzentration der Wasserstoff-Ionen in der wässerigen Lösung einer mittelstarken oder schwachen Säure muss nach dem Massenwirkungsgesetze durch den Zusatz eines gleichionigen Salzes geringer werden, und deshalb wird die Fähigkeit der Säure, das Kaseïn auszufallen, auch geringer. Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung, welche dem Verhalten der Harnsäure und ihrer Salze im Blute, im Harn und in den Gewebsflüssigkeiten zukommt, da verschiedene häufig auftretende und besonders schmerzhafte Krankheiten auf einer pathologischen Abscheidung der Harnsäure und ihrer Salze im Körper beruhen, haben Wilhelm His d. J. und Theodor Paul begonnen, das Verhalten dieser Stoffe in Lösungen vom Standpunkte der Ionen-Theorie einer systematischen Untersuchung zu unterziehen. Sie fanden u. a. in Übereinstimmung mit den Lehren der Ionen-Theorie, dass die Abscheidung eines schwerlöslichen harnsauren Salzes aus einer Lösung nicht nur von der Löslichkeit des betreffenden Salzes abhängt, sondern dass die gleichzeitig in der Lösung anwesenden Salze, welche mit jenem ein Ion gemeinsam haben, eine beträchtliche Löslichkeitsverminderung veranlassen können. So löst sich z. B. das saure harnsaure Natrium in Wasser von Zimmertemperatur im Verhältnis von 1 : 1130, in einer physiologischen Kochsalzlösung dagegen, welche nur 7 g Chlornatrium im Liter enthält, erreicht die Löslichkeit nicht einmal das Verhältnis 1 : 11000, da die Dissoziation des Natriummuriats durch die Natrium-Ionen des Kochsalzes erheblich vermindert wird. Eine weitere Überlegung zeigte, dass die zur Zeit noch ganz allgemeine Vorstellung irrig ist, wonach die Darreichung von Lithium-, Piperazin-, Lysidin- und ähnlichen Präparaten, deren harnsaure Salze in Wasser leicht löslich sind, im Organismus eine Umsetzung mit den abgelagerten schwer löslichen harnsauren Salzen und die Bildung der leichtlöslichen Verbindung veranlassen könne.

Im innigen Zusammenhange mit der Kon-

stitution einer Lösung steht auch ihre physiologische Wirkung, und da die Salze, Säuren und Basen in wässeriger Lösung mehr oder weniger in Ionen zerfallen, muss sich auch deren physiologische Wirkung aus derjenigen der nicht dissoziierten Molekeln und der Ionen zusammensetzen. Thatsächlich haben zahlreiche Beobachtungen diese Erwartung bestätigt. So besitzen nach den Versuchen Wilhelm Pfeffers die verschiedenen äpfelsauren Salze, deren wässerige Lösungen sämtlich das Äpfelsäure-Ion enthalten, die gleiche anlockende Wirkung auf Schwärmsporen von Algen, während die nichtdissoziierenden Äpfelsäureester diese Eigenschaft nicht zeigen. Dreser prüfte die Giftwirkung von Quecksilbersalzen auf Hefezellen, Frösche und Fische, und fand, dass das Kaliumquecksilberhyposulfit viel langsamer und schwächer wirkte, als Cyan-, Succinimid- und Rhodanquecksilber, obgleich der Quecksilbergehalt in allen Lösungen gleich gross war. Er führte das abnorme pharmakodynamische Verhalten des Kaliumquecksilberhyposulfits auf die geringe Konzentration der Quecksilber-Ionen in dessen wässeriger Lösung zurück. Bei Gelegenheit einer ausgedehnten, unter Zugrundelegung der neueren physikalisch-chemischen Theorien angestellten Untersuchung über das Verhalten der Bakterien zu chemischen Stoffen aller Art haben Bernhard Krönig und Theodor Paul geprüft, ob die Giftwirkung von Metallsalzen, Säuren und Basen im Zusammenhange mit deren elektrolytischer Dissoziation stehe. Diese Untersuchung war um so interessanter, als Behring den im schroffsten Gegensatz zu dieser Annahme stehenden Satz aufgestellt hatte, dass z. B. „der desinfizierende Wert der Quecksilberverbindungen im wesentlichen nur von dem Gehalt an löslichem Quecksilber abhängig ist, die Verbindung mag sonst heissen wie sie wolle". Redner zeigt an der Hand zahlreicher Tabellen, dass diese Ansicht Behrings vollständig mit den Thatsachen im Widerspruch steht. So wurde die keimtötende Kraft der Halogenverbindungen des Quecksilbers, von denen wir wissen, dass sie verschieden stark dissoziiert sind, sehr verschieden gefunden, und zwar entsprach sie ganz dem elektrolytischen Dissoziationsgrade dieser Salze. Auch bei den Silber- und Goldsalzen liess sich Ähnliches beobachten: die gut dissoziierenden Verbindungen wirkten sehr stark, die komplexen Salze dagegen, in deren wässeriger Lösung die Konzentration der Metall-Ionen nur gering ist, waren viel weniger giftig. Die Giftwirkung der Säuren und Basen entsprach im allgemeinen der Konzentration der Wasserstoff-Ionen resp. Hydroxyl-Ionen. Auch die Änderungen des Dissoziationszustandes von Metallsalzen, welche der Zusatz eines gleichionigen anderen Salzes bewirkt, kam bei der Giftwirkung sehr schön zum Ausdruck. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Scheurlen und Spiro, welche die Giftwirkung von Quecksilber- und Eisenverbindungen auf Bakterien prüften, und Louis Kahlenberg und seine Mitarbeiter, welche Salze, Säuren und Basen verschiedenen Dissoziationsgrades auf Pflanzenkeime einwirken liessen und die Konzentration der Lösungen bestimmten, welche diese Keime innerhalb einer gewissen Zeit abtötete. Die Untersuchungen von H. L. Stevens, J. F. Clark u. a., welche zum Teil zu anderen Ergebnissen führten, stehen mit der Ionen-Theorie nicht im Widerspruch, da diese Autoren die entwickelungshemmende Wirkung verschieden dissoziierter Elektrolyte prüften, und hierbei, wie B. Krönig und Th. Paul, nachgewiesen haben, dass nur die Gesamtkonzentration des in Lösung befindlichen Stoffes ohne Rücksicht auf seine Dissoziation massgebend ist.

Mit Rücksicht auf diese letztgenannten und andere Untersuchungen, welche die Anwendung der Ionen-Theorie auf physiologische Vorgänge betreffen, weist Redner darauf hin, dass man bei Deutung von Versuchen an höher organisierten Lebewesen, und besonders beim Tierexperiment mit grosser Vorsicht zu Werke gehen muss, da hierbei noch eine Reihe anderer Faktoren, als lediglich der Dissoziationsgrad der Stoffe und die Eigenschaften der Ionen massgebend sind. Zu verurteilen ist ferner die sich in neuerer Zeit besonders in Deutschland geltend machende Unsitte, die neueren physikalisch-chemischen Theorien für die Anpreisung von Heilmitteln und besonders für die Wirksamkeit der Heilquellen zu verwenden. Durch solche und ähnliche Gepflogenheiten kann und muss die Bedeutung der neueren Anschauungen in Misskredit gebracht werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 27. Oktober 1901.)

**Edm. Hoppe (Hamburg), Elektrodynamische Konvektion.**

Die Versuche schliessen sich an diejenigen an, welche in der Elektrot. Zeitschrift **21**, 507, 1900, veröffentlicht sind. Es handelt sich im wesentlichen um folgende Experimente. Eine Glasröhre wird zu einer engen Spitze ausgezogen, durch deren Öffnung ein Platindraht eng anschliessend, aber beweglich eingeführt wird. Füllt man diese Röhre mit einem Elektrolyten oder Quecksilber, so soll, wenn dieses Rohr in der Luft hängt, aus der Öffnung keinerlei Flüssigkeit austreten. Wird diese Vorrichtung nun in ein mit Brunnenwasser oder einer sehr schwachen Lösung gefülltes Becherglas gethan, so wird der Elektrolyt diffundieren und in ganz zarten Fäden die bekannten Schlieren bilden, während das Quecksilber nicht aus der

Röhre fliesst. Sendet man nun einen Strom durch den Apparat, indem man ein Platinblech oder eine andere Metallelektrode in das Becherglas hängt, so wird, wenn die Röhre einen Elektrolyten enthält, die Diffusion vermehrt und zwar entsprechend der Stromstärke, während bei geeigneter Stromstärke das Quecksilber aus der Röhre getrieben wird, und zwar bei wachsender Stromstärke mehr, ohne jedoch proportionale Verhältnisse zu zeigen. Das Phänomen tritt nicht ein, wenn man die Röhre mit einem Pole der Influenzmaschine verbindet, weder wenn der Becher isoliert ist, noch wenn die zweite Elektrode geerdet wird. Höchstens erscheint, wenn die Öffnung der Glasspitze etwas grösser ist, der bekannte Meniskus; aber zum Tropfen oder gar zum Ausfliessen kommt es nicht.

Dagegen erscheint das Ausfliessen des Quecksilbers, einerlei ob man den Draht zur Anode oder Kathode macht, aber im ersten Falle wird nach einiger Zeit durch die Oxydation die Öffnung der Röhre verstopft, und die Erscheinung hört auf, bis das Hindernis mechanisch beseitigt wird. Ist der Platindraht Kathode, so kann man bei geeignetem Nachfüllen der Flüssigkeit im Rohre dies Ausfliessen, wie es scheint, unbegrenzt fortdauern lassen. Eine Unterbrechung tritt nur ein, wenn im unteren Ende der Röhre die Gasentwickelung selbst eintritt und dies Gas unter dem Drucke des Quecksilbers das Ausfliessen verhindert.

Zur Erklärung der Erscheinung scheint die Oberflächenspannung nicht herangezogen werden zu dürfen wegen der negativen Versuche mit der Influenzmaschine, und weil der Draht sowohl Anode als Kathode sein kann. Dagegen scheint folgender Versuch eine dynamische Wirkung anzuzeigen: Man steckt einen Kupferdraht durch einen recht weichen, gut elastischen Gummischlauch und bindet diesen am unteren Ende fest, so wird der Schlauch, mit Quecksilber gefüllt, eine Ausbauschung erfahren; Sendet man nun durch den Draht einen Strom, so wird der Querschnitt des Schlauches kleiner. Diese Kontraktion betrug z. B. bei einem Durchmesser von 16,25 mm ohne Strom eine Verminderung auf 16,1 mm mit Strom von 4 Amp. bei 108 Volt. Das scheint daher zu kommen, dass der Strom durch das Quecksilber neben dem Drahte fliesst und die parallelen Stromfäden von dem Strome im Drahte angezogen werden. Allein genügt diese Anziehung aber nicht zur Erklärung des ersten Phänomens, da dasselbe in Luft nicht eintritt. Es ist also die Gasentwickelung auch notwendig und glaube ich, dass diese mechanische Erschütterungen hervorruft, so dass das an die Oberfläche gedrückte Quecksilber erst hierdurch zum Ausfliessen aus der Röhre gebracht wird.

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

**Georg W. A. Kahlbaum (Basel), Über Metalldestillation und über destillierte Metalle.**

Die Arbeit, über die ich Ihnen berichten will, die Destillation der Metalle und die physikalische Untersuchung derselben, ist eine recht umfangreiche; sie hat mich rund 10 Jahre — allerdings durchaus nicht ausschliesslich — beschäftigt. Berichtet habe ich Ihnen darüber bereits 1893 in Nürnberg und 1899 in München.[1])

Die Ausdehnung der Arbeit bringt es mit sich, dass ich auf Einzelheiten nicht eintreten kann, und ganze grosse Gebiete, wie die krystallographische Untersuchung der destillierten Metalle, die mein Mitarbeiter, Herr Dr. K. Roth, durchgeführt hat, vollkommen übergehen muss. In der Zeitschrift für anorganische Chemie, in der die Arbeit erscheint, wird sich das alles finden.

Von zusammenfassenden Bemerkungen über die Flüchtigkeit der Elemente sind mir aus der Litteratur nur zwei bekannt, von Lothar Meyer und Horstmann. Was da gesagt wird, ist nicht viel, nicht immer ganz klar, und widerspricht sich zum Teil. Am allgemeinsten bekannt ist der von Lothar Meyer behauptete Zusammenhang zwischen Flüchtigkeit und Atomvolumkurve. Derselbe wird folgendermassen ausgedrückt: „Nur die auf den aufsteigenden Ästen der Atomvolumkurve stehenden leicht schmelzbaren Elemente sind flüchtig."

Mit Ausschluss von Brom, Jod, Schwefel u. s. w., deren Flüchtigkeit auch bei gewöhnlichem Drucke längst bekannt ist, habe ich destilliert: Selen, Tellur, Kalium, Natrium, Lithium, Arsen, Antimon und Wismut, Magnesium, Calcium, Strontium, Aluminium und Thallium, Zink und Kadmium, Kupfer, Silber und Gold, Nickel, Eisen und Chrom, Zirkon und Blei, und vielleicht auch Zinn.

Von diesen 24 Elementen haben 11: Aluminium, Magnesium, Calcium, Strontium, Kupfer, Silber, Gold, Nickel, Eisen, Chrom und Zirkon, ihren Platz auf absteigendem Aste oder in den Minimis der Atomvolumkurve; womit der Nachweis erbracht ist, dass, in Bezug auf Flüchtigkeit, sich die auf aufsteigendem Aste findenden Elemente eines besonderen Privilegs nicht erfreuen.

Von diesen letztgenannten Metallen war allein die Flüchtigkeit des Magnesium durch Schuller, der dasselbe, und mit ihm neun von den ersterwähnten, im Vakuum destillierte, bekannt. Was Stass für Destillation des Silbers gehalten hatte, war — die Menge lässt sicher darauf schliessen — wohl nur ein mechanisches Mitführen der geschmolzenen Silberteilchen. —

Über den Destillations-Apparat habe ich

1) Diese Zeitschrift 1, 62. 67, 1899.

dem in München Gesagten nichts hinzuzufügen[1]), nur dass ich die dort beklagte Undurchsichtigkeit der für sehr hochsiedende Metalle nun einmal nicht zu umgehenden Porzellanröhren dadurch behoben habe, dass ich dieselben mit X-Strahlen durchleuchtete, und dadurch in der Lage war, die Vorgänge im Porzellanrohr zu kontrollieren.

Übrigens wurde, je nach dem Schmelzpunkte des Metalls, den eigentlichen Destillierröhren eine mehr oder weniger veränderte Form gegeben.

Da die Aufgabe nicht war, die Temperatur zu bestimmen, bei der ein Metall unter gegebenem Drucke siedete, sondern es darauf ankam, nicht unerhebliche Mengen zum mindesten zweimal überzutreiben, so wurde von einer genauen Temperaturmessung abgesehen und nur bestimmt, wie hohe Temperaturen mit den verschiedenen Wärmequellen zu erreichen waren; wobei sich ergab, dass dieselben das Intervall von 600—1450° C. umfassten. 1450° C. war nicht die höchste erreichbare, wohl aber die höchste, ohne Gefährdung des Apparates, praktisch verwendbare Temperatur.

Der Druck im Apparat ist von der Temperatur abhängig; so wechselt er, unter Belassung der gleichen Wärmequelle, mit dem steigenden oder sinkenden Gasdruck der städtischen Leitung; da er aber zugleich eine Kontrolle für das richtige Funktionieren des Apparates und die Leistungsfähigkeit der Pumpe abgiebt, wurde er täglich vielmal gemessen. Dabei ergab sich z. B. bei der Destillation des Eisens: Gesamtdauer der Operation 610 Stunden, mit einmaliger Unterbrechung des Pumpens — nicht der Destillation und der Evakuation — für etwa eine halbe Stunde behufs Auffüllen der Luftfänge nach 300 Stunden. Mittlere Temperatur 1250° C. Druck während der letzten 150 Stunden im Mittel sieben Hunderttausendstel = 0,00007 mm, nach 600-stündiger Arbeit beim langsamen Erkaltenlassen des Apparates

um 7 Uhr 0,00008 mm
„ 9 „ 0,00004 „
„ 11 „ 0,00002 „
„ 1 „ 0,00001 „ und

nach dem Löschen der Flamme

um 5 Uhr 0,0000018,

d. h. rund zwei Millionstel Millimeter.

Die letzte Zahl entspricht den niedrigsten bis heute überhaupt erzielten Drucken.

Diese günstigen Resultate wurden beobachtet bei den Versuchen, Baryum aus seinen Legierungen abzudestillieren. Das Baryum hat offenbar eine solche Verwandtschaft zu den Luftgasen, dass es sie alsbald verschluckt, und so war denn auch bei den höchsten Temperaturen kaum noch ein Druck abzulesen. Doch dies nur in Parenthese.

Die gegebenen Zahlen zeigen, dass der Apparat, was die Zeitdauer, wie den Grad seiner Beanspruchung betrifft, jeder Anforderung genügt.

Von den 24 destillierten Elementen sind neun bisher näher studiert worden, die anderen harren noch der Untersuchung. Von diesen letzteren seien nur, als besonders interessant, kurz das Calcium und das Strontium erwähnt. Das Rohmaterial zu beiden Metallen verdanke ich Herrn Prof. Dr. Adalbert von Lengyel, der die grosse Güte hatte, es mir zur Verfügung zu stellen. Beide Elemente wurden elektrolytisch gewonnen.

Ganz entsprechend den Erfahrungen am Magnesium, liessen sich beide alkalische Erden, diese ureigensten Vertreter der schwer schmelzbaren Elemente auf fallendem Ast der Atomvolumkurve, entgegen Lothar Meyers Anschauung, recht leicht verflüchtigen. Nach unserer Beobachtung Strontium wohl noch leichter als Calcium. Dies jedoch ohne Gewähr. Beide Metalle reduzieren, wie das Magnesium, Silicium aus dem Glase, resp. Porzellan, des Destillierapparates.

Calcium setzt sich als prächtig silberweisser, einen Stich ins Gelbliche zeigender, deutlich krystallinischer, von den Wandungen unschwer lösbarer Beschlag an. Das Strontium stellt wohlausgebildete, in ihrem Habitus an das destillierte Kadmium oder Silber erinnernde Agglomerate dar, stark metallglänzend, doch ins Braungelbe spielend. Das von der Färbung Gesagte gilt von den einmal destillierten Metallen, es bleibt immerhin möglich, dass bei wiederholter Destillation die Metalle silberweiss erscheinen.

Das Strontium setzt sich, im Gegensatz zum Calcium, als dichter, zäher Mantel an, der die inneren Wandungen des Destillationsgefässes so fest umgiebt, dass er sich nicht lösen, und das Porzellanrohr sich auch mit dem Hammer nur schwer zertrümmern lässt. Beide Elemente zersetzen Wasser, doch ohne sich zu entzünden; Strontium mit besonderer Heftigkeit.

Calcium verbrennt mit leuchtender weisser Flamme. Strontium zu entzünden, ist mir nicht gelungen, entweder weil die Flamme nicht heiss genug war, oder weil ich es, wie gesagt, nicht von der Porzellanwand lösen konnte. —

Die neun untersuchten Elemente waren: Tellur, Zink, Kadmium, Antimon, Wismut, Blei, Kupfer, Silber, Gold.

Alle diese schlugen sich deutlich krystallinisch nieder, so dass bei allen Winkelbestimmungen, bei der Mehrzahl Krystallmessungen, vorgenommen werden konnten. Ich gehe, wie gesagt, auf diesen Teil der Arbeit hier nicht ein. Nur die Mikrophotographie eines Tropfens

1) l. c.

geschmolzenen Kupfers, der ganz mit wohl ausgebildeten orientierten Oktaedern besetzt ist, will ich vorlegen. — Es war das die erste Mikrophotographie, die aufgenommen wurde, und ist leider übersehen worden, die Vergrösserung zu bestimmen. —

Der Zweck der Destillation ist, wie bekannt, Reinigung; sie ist allen chemischen Methoden, die stets auf Wechselwirkung von mehreren Stoffen beruhen müssen, aus dem Grunde überlegen, weil der Stoff für sich allein bleibt. Das Ideal der Reinigung durch Destillation ist Schneefall, weil da das destillierte Wasser fest wird, ohne mit einer Gefässwandung in Berührung zu kommen, und etwa gelöste Gase ausfrieren. Ersteres ist bei der Destillation im Vakuum natürlich nicht ausführbar, das letztere wird jedoch durch das Vakuum auch erreicht; und das ist nicht unwichtig. Ich erinnere nur an die Aufnahme von Sauerstoff durch geschmolzenes Kupfer.

Die Destillation im Vakuum wirkt durchgreifender als die unter gewöhnlichem Drucke, nicht etwa weil bei Druckabnahme die Siedetemperaturabstände immer wüchsen, dass dies nicht der Fall, habe ich genugsam nachgewiesen, sondern, weil bei vermindertem Druck und verminderter Temperatur in einer Mehrzahl von Fällen die Lösungsfähigkeit der Stoffe abnimmt. Dass das in allen Fällen für alle Temperaturen und alle Drucke gilt, behaupte ich nicht.

Dass auch die hochsiedenden Metalle auf diese Weise gereinigt werden, habe ich an drastischen Beispielen schon früher nachgewiesen. — Fraktionierte Destillation einer Nickelmünze. — Kennzeichen der Reinigung ist vollkommene Einheitlichkeit des Beschlages im Destillierrohr. Bei unreinen Metallen zeigen sich stets deutlich gesonderte, auch durch die Farbe unterschiedene Schichten, auch äusserst geringe Verunreinigungen verraten sich so. —

Neben diesem mehr rohen Hilfsmittel ist das beste Prüfungsmittel das Spektrum. Das Metall wird als völlig rein anzusehen sein, dessen Spektrum vor und nach der Destillation völlig koinzidiert. Dass bei den von uns untersuchten Metallen dieser Idealzustand bereits erreicht sei, wage ich nicht zu behaupten. Für unsere Messungen waren verhältnismässig zu bedeutende Mengen nötig, um diese beliebig oft destillieren zu können. Wir liessen uns also, vom reinsten Metall ausgehend, an zwei, zuweilen drei Destillationen genügen, als Kriterium der Reinheit die erwähnte Einheitlichkeit des Beschlages benützend. Zudem waren die geringfügigen verbleibenden Verunreinigungen für die von uns zunächst zu bestimmenden physikalischen Konstanten wohl belanglos.

Der grossen Güte der Herren Eder und Valenta in Wien verdanke ich eine photographische Aufnahme des Tellur-Spektrums. Ausgangsmaterial war sogenanntes reinstes Tellur. Nach einmaliger Destillation waren 25 Linien, nach der zweiten weitere 21 Linien, im ganzen also deren 46, ausgeschaltet. Es ist deutlich ersichtlich, wie zuerst die stärkeren, von gröberen Verunreinigungen herrührenden Linien verschwinden, oder abgeschwächt werden, während durch die zweite Destillation auch die geringfügigeren Verunreinigungen und feineren Linien betroffen werden. Andere Linien werden nur abgeschwächt, bleiben aber auch in der letzten Fraktion noch sichtbar. Aus dem früher, wie dem eben hier Gesagten geht also hervor, dass unsere Metalle wohl den Titel „sehr rein", noch nicht aber „absolut rein" verdienen.

Für die so gereinigten Metalle sollten nun als erste physikalische Konstanten die Dichten und die spezifischen Wärmen bestimmt werden. Dabei ergab sich dann leider, dass, um zu einigermassen verlässlichen Zahlen zu gelangen, sehr viel erheblichere Mengen Metall angewendet, also auch destilliert werden mussten, als ursprünglich vorausgesetzt war. Denn für Gold z. B. influiert eine Gewichtsdifferenz des verdrängten Wassers um nur 0,0001 g ein Zehntausendstel Gramm, bei Anwendung von 1,5 g Metall, die Dichte um zwei Einheiten in der zweiten, bei 5 g Metall immer noch um acht Einheiten in der dritten Dezimale.

Helfen konnte da zweierlei, schwerere Flüssigkeiten statt des verdrängten Wassers, oder mehr Metall.

Ich übergehe wieder alle Einzelheiten über schwere Flüssigkeiten, von denen wir mehr als ein Dutzend bis zum spezifischen Gewicht 3,5 (Thalliumäthylat) dargestellt haben — die auch optisch untersucht wurden —, sie haben sich alle nicht bewährt. Wir kehrten also zum Wasser zurück, das aber involvierte die Anwendung grösserer Metallmengen. Wiederum nach Versuchen in allen Richtungen entschlossen wir uns zur Bestimmung im Pyknometer. Damit war aber eine Grenze für die anzuwendenden Metallmassen durch die zulässige Grösse der Pyknometer, bedingt durch die mögliche Beanspruchung der Wage, gegeben. Daraus resultierte, dass Massen von rund 1,5 $cm^3$, der handlicheren Form wegen, zu Cylindern von 45 mm Höhe und 6 mm Durchmesser, im Vakuum geschmolzen, anzuwenden seien. Das entspricht etwa 30 g Gold, 18 g Blei, 16 g Silber, die aber mindestens zweimal zu destillieren waren.

Auch dieses Schmelzen im Vakuum bot mancherlei Schwierigkeiten. Antimon, mit dem Schmelzpunkt 430° C., schmolz, trotz stundenlanger Erwärmung im Luftbad von 650 bis

660° C., nicht, und konnte erst bei direkter Erwärmung mit der Flamme eines grossen Teklu-Brenners, die eine Temperatur von etwa 1000°C. giebt, geschmolzen werden. Wismut dagegen, mit dem Schmelzpunkte 270° C., schmolz vollständig im Luftbade von 280—300° C. So war einmal zu befürchten, dass ein Teil des Metalles fortsublimiere, das andere Mal, dass ein Teil noch nicht geschmolzen sei. Auch hier gaben die X-Strahlen erwünschte Auskunft.

Die Bestimmung der spezifischen Wärmen, um das kürzere Kapitel vorweg zu nehmen, erfolgte im Eiskalorimeter. Um die Frage zu entscheiden, ob das Bunsensche, oder die Schuller-Warthasche Modifikation empfehlenswerter sei, wurden die Bestimmungen in beiden Apparaten gleichzeitig vorgenommen; und zwar mit der Vorsicht, dass bei dem Bunsen-Kalorimeter das ganze Zeigerrohr in Eis gekühlt und stets möglichst an derselben Stelle der Skala abgelesen wurde. Da aber eine Teilung auf Glas nicht wohl weiter als bis auf einen Millimeter ausgeführt werden kann, wurde noch ein Vernier aus Celluloid, der in 0,25 mm geteilt war, zu Hilfe genommen, und mit der Lupe abgelesen. Koinzidenz der ganzen Teilstriche schützte vor Parallaxe. Die so gesteigerte Genauigkeit der Ablesung am Zeigerrohr macht beide Apparate völlig gleichwertig, und empfiehlt damit, da alle Wägungen fortfallen, den so montierten Bunsenschen Apparat, als den handlicheren.

Auf die Methode der Erwärmung, genauen Temperaturbestimmung und die Art der Einführung der Metalle in die Kalorimeter gehe ich wieder nicht ein; nur das soll bemerkt werden, dass die Resultate innerhalb der gleichen Grenzen schwankten, wie dies in der schönen Arbeit von U. Behn der Fall war, der mehr als 10mal so grosse Mengen, stets etwa 18 $cm^3$, anwandte.

Wie vorauszusehen, ergaben unsere Beobachtungen der spezifischen Wärmen an den destillierten Metallen eine nennenswerte Abweichung von den früheren Bestimmungen nicht, es ist deshalb nicht nötig, hier Zahlen zu geben. —

Schon vor 18 Jahren, 1883, habe ich ein modifiziertes Flaschenpyknometer beschrieben, bei dem der Hauptmangel aller solchen Instrumente, der Fehler durch die Verdampfung, so gut wie ganz behoben war. Das Instrument hat sich, soviel ich weiss, gar nicht eingeführt, und doch hat es sich auch bei diesen Untersuchungen wieder vortrefflich bewährt, und zwar derart, dass in demselben die Dichten der Metalle bei in Summa 101 Einzelbestimmungen im Mittel bis auf 0,0016 für jedes besondere Individuum übereinstimmend gefunden werden konnten.

Im ganzen scheint das spezifische Gewicht eine so abgegriffene Grösse, die, von neuem zu bestimmen, kaum ein wesentliches Interesse beanspruchen dürfte. Diese Ansicht ist grundfalsch.

Hier ein Beispiel. Wir kennen z. B. die Dichte von gegossenem, gehämmertem, gezogenem und elektrolytischem Kupfer. Nach den Angaben schwanken dieselben zwischen 8,30 und 8,96, also um 0,66, oder rund 8 Proz. des Wertes.

Welches ist nun da das spezifische Gewicht des chemischen Elementes Kupfer, dem doch ein ganz bestimmtes, einziges und unwandelbares Gewicht zukommen muss? Das wissen wir nicht. Ein eingehendes Studium war also nach der Richtung erwünscht und geboten. —

Als Ausgangsmaterial für die Kupferdestillation diente uns norwegisches Kronkupfer, das 99,92 Proz. reines Kupfer enthält. Aus einem kleinen Block dieses Kupfers von etwa 40 mm Breite, 50 mm Höhe und 70 mm Länge, von dem reichlich ein Drittel schon anderweitig verwandt war, wurden 4 Stäbchen in den gedachten Dimensionen abgedreht, und die Dichte bestimmt. Es wurde gefunden:

$Cu_1 = 8{,}4412$
$Cu_2 = 8{,}6926$
$Cu_3 =$ später bestimmt.
$Cu_4 = 8{,}4297.$

Bei einer Genauigkeit der Bestimmung, die etwa 0,001 beträgt, weichen also die Werte um rund drei Einheiten in der ersten Dezimale, oder 3,5 Proz. des Wertes ab, und das bei einem so kleinen Block, der aus so reinem Material besteht. — Daraus erhellt, dass das, was wir als spezifisches Gewicht bestimmen, eine sehr viel individuellere Grösse ist, als im allgemeinen angenommen wird.

Sehen wir von etwa aufgenommenem Sauerstoff ab, der bei einem so kleinen Block wohl gleichmässig verteilt sein dürfte, so erklärt sich die Differenz, um es mit einem Wort auszudrücken: aus Gussfehlern, die, ob ganz oder nur zum Teil bleibt zu beobachten, durch Pressung des Metalls behoben werden können.

Rationelles Pressen, rationell, weil ich genau weiss, mit welchem Druck, ist nur in Flüssigkeiten ausführbar, in denen — hier das Metall — von allen Seiten gleichmässig, nach keiner Seite ausweichen könnend, in sich selbst hineingepresst wird. —

Ich übergehe wieder alle Vorversuche. Gepresst wurde in Rizinusöl, der denkbar zähesten Flüssigkeit. Um die Metalle vor dem Eindringen des Öls zu schützen, wurden dieselben, in Papier eingeschlagen, in Gummi eingebunden. Das hat sich voll bewährt. Vorgenommen wurde die Pressung in einem Cylinder aus

bestem Werkzeugstahl von rund 300 mm Höhe, 150 mm Durchmesser, 65 mm Wandstärke, in den ohne jede Dichtung ein glasharter Stahlstempel, vom Durchmesser 20,65 mm, genau passte. Das ergiebt für die Stempelbasis 3,35 $cm^2$, so dass derselbe pro Atmosphäre auszuübenden Drucks mit 3,35 kg belastet werden musste. Ausgeführt wurden die Pressungen in der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum zu Zürich, mit der grossen Presse, die einen Druck bis zu 150000 kg pro Quadratcentimeter zu geben gestattet.

Begonnen habe ich mit einem Druck von 4000 Atmosphären, den ich 15 Minuten gab, und bin dann schrittweise aufgestiegen bis auf 10000 Atmosphären bei 11stündiger Dauer, und weiter zu 20000 Atmosphären bei 1stündiger Dauer der Pressung; d. h. zuletzt ruhte auf jedem Stäbchen eine Belastung von 180000 kg, was 18 Eisenbahn-Wagenladungen entspricht.

Es sind dies für solche Flüssigkeitspressungen ganz ungewöhnlich hohe Werte. Bei dem Huber'schen Pressverfahren zum Kaltformen hohler Metallkörper z. B. wird nur 1 Minute und nur auf 7000 Atmosphären gepresst.

Nach diesen Pressungen zeigten sich die Metallstäbchen wesentlich verändert. Der Glanz der Politur, alle Stäbchen waren trocken poliert, war vernichtet, und statt dessen die Oberfläche mit Narben, Poren, ja tiefen Löchern dicht besetzt. Sie waren abgeplattet, verbogen, gekrümmt; bald waren sie länger geworden, z. B. war das destillierte Silber nach 11stündiger Pressung auf 10000 Atmosphären um 1,8 mm gewachsen; bald verkürzt, das gleiche Silber war nach Pressung auf 20000 Atmosphären um 2,7 mm zurückgegangen; bald waren sie dicker geworden, so ging z. B. das destillierte Kupfer nicht mehr durch den Hals des Pyknometers, u. s. w. Mit einem Wort, die Metalle werden unter diesen Drucken plastisch.

Für die so gepressten Metalle wurden nun die gleichen Konstanten festgelegt. Neben den spezifischen Gewichten auch die spezifischen Wärmen.

Es ist nicht gerade viel, was sich aus den weit über 100 Bestimmungen der spezifischen Wärme ableiten liess; etwa das Folgende: Bei dem gleichen Stoff nimmt mit wachsendem Druck, dem er ausgesetzt wird, die spezifische Wärme ab, aber der Wert dieser Abnahme liegt, bei der für uns erreichbaren Genauigkeit, so hart an der Fehlergrenze, dass er sich mehr empfinden, als mit Zahlen belegen lässt.

Dabei ist jedoch zu bemerken, dass wir Wärmemessungen nur an den bis 10000 Atmosphären gepressten Metallen, nicht mehr an den höher gepressten vornehmen konnten. Im Sommer versagen die Eiskalorimeter.

Und nun zu den spezifischen Gewichten. Dieselben ergaben folgendes.

Ich gebe wiederum nur eine kleine Auslese der bestimmten Werte. (Tabelle I.)

Die Dichten nehmen zu! — Je geringer sie ursprünglich sind, umsomehr wachsen sie! $Cu_4$, ursprünglich leichter als $Cu_1$, übertrifft nach 11stündiger Pressung auf 10000 Atmosphären an Dichte $Cu_1$, und nimmt dann bei weiterem Pressen bis auf 20000 Atmosphären um einen geringeren Betrag zu. Die Differenz zwischen beiden, die ursprünglich 0,0115 aus-

Tabelle I.

| | I | II | | III | IV | Mittlerer Fehler = 0,0016 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vor der Pressung | 11 Std. auf 10000 Atm. | $\Delta$ I—II | 1 Std. auf 12000 Atm. | 1 Std. auf 20000 Atm. | $\Delta$ I—III | $\Delta$ I—IV | $\Delta$ II—III | $\Delta$ II—IV |
| $Cu_1$ | 8,4412 | 8,8962 | + 0,4550 | | 8,9115 | | + 0,4703 | | + 0,0153 |
| $Cu_2$ | 8,6926 | 8,9122 | + 0,2196 | 8,9101 | | + 0,2175 | | — 0,0021 | |
| $Cu_3$ | | 8,8693 | | 8,8739 | | | | + 0,0048 | |
| $Cu_4$ | 8,4297 | 8,9088 | + 0,4791 | | 8,9121 | | + 0,4824 | | + 0,0033 |

Tabelle II.

| | I | II | | III | IV | Mittlerer Fehler = 0,0016 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vor der Pressung | 11 Std. auf 10000 Atm. | $\Delta$ I—II | 1 Std. auf 12000 Atm. | 1 Std. auf 20000 Atm. | $\Delta$ I—III | $\Delta$ I—IV | $\Delta$ II—III | $\Delta$ II—IV |
| *Pb* | 11,3414 | 11,3457 | + 0,0043 | 11,3298 | | — 0,0118 | | — 0,0159 | |
| *Cd* | 8,6462 | 8,6477 | + 0,0015 | 8,6390 | | — 0,0072 | | — 0,0087 | |
| *Cu* | 8,9326 | 8,9377 | + 0,0031 | | 8,9317 | | — 0,0009 | | — 0,0060 |
| *Zn* | 6,9225 | 7,1272 | + 0,2047 | | | | | | |
| *Sb* | 6,6178 | 6,6909 | + 0,0731 | | | | | | |
| *Au* | 18,8858 | 19,2653 | + 0,3795 | 19,2646 | | + 0,3788 | | — 0,0007 | |
| *Ag* | 10,4923 | 10,5034 | + 0,0111 | | 10,4933 | | + 0,0070 | | — 0,0041 |

machte, beträgt nun nur noch 0,0006, liegt innerhalb der Fehlergrenze.

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild bei den destillierten Metallen. (Tabelle II.)

Die Metalle zeigen alle eine Zunahme, dann aber wieder eine Abnahme der Dichte. Die Differenzen, die wir beobachtet, liegen zum grossen Teil ausserhalb der Fehlergrenze, die, wie wir schon sagten, etwa 0,0016 im Mittel beträgt. Eintreten aber können Fehler dadurch, dass die, die Metalle doch immer umgebende Luft in die Poren hineingepresst wird, das konnte in der That zum Teil auch direkt beobachtet werden. Deshalb wurden die Metalle vor der Bestimmung erst eine Stunde lang im tiefen Vakuum auf 100° C. erhitzt. Möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich, ist nun, dass dabei eine nicht mehr zurückgehende Dehnung stattgefunden hat. Eine Änderung des Gewichtes der Metallcylinder konnte nicht konstatiert werden.

Das sind die Thatsachen. Einer Erklärung enthalte ich mich zunächst. Um dem Einwand zu begegnen, dass die ja augenscheinliche und nicht zu vermeidende Oxydation von Einfluss sei, wurde der Cylinder aus Blei, der die wahrnehmbarste Oxydationshaut zeigte, von neuem abgedreht und poliert. Das spezifische Gewicht

wurde gefunden zu = 11.3307
vorher war es = 11.3298
Differenz = 0.0009

d. h. also voll innerhalb der Fehlergrenze.

Hierin scheint also eine Fehlerquelle nicht zu liegen. Dagegen will ich bemerken, dass Heinrich Rose sowohl, der Gold unter dem grossen Prägestock der Berliner Münze presste, als auch Spring, dieser besonders am Blei, ähnliche, ich nenne es zunächst Unregelmässigkeiten, wahrnahmen.

Wie gesagt, ich enthalte mich hier jedes Erklärungsversuches, und stelle nur das fest, dass in der That, die Dichte der Stoffe eine Grösse ist, die noch nicht genügend bekannt, ein eingehendes Studium sehr wohl verdient.

Meiner beiden Arbeitsgenossen, des Herrn Dr. Roth, mit dem ich in täglicher Gemeinschaft wirkte, und des Herrn Dr. Siedler, der die übergrosse Mehrzahl der Dichtebestimmungen ausführte — die endgültigen Messungen festzulegen, musste ja selbstredend den jüngeren Kräften, denen der Dienst noch nicht die Zeit stiehlt, überlassen bleiben —, sei auch an dieser Stelle ausdrücklich und dankbar gedacht. (Selbstreferat des Vortragenden.)

### Diskussion.

W. Nernst fragt, ob bereits Versuche mit Kohlenstoff gemacht worden seien. Nach den Erfahrungen bei Glühlampen u. s. w. sei vorauszusehen, dass derselbe unter 1400° C. flüchtig sei, und sich als Graphit ansehen werde.

Kahlbaum erwidert, dass Versuche bisher nicht angestellt seien, dieselben aber keine besonderen Schwierigkeiten voraussehen liessen.

Basel, am 21. September 1901.

(Eingegangen 26. September 1901.)

## BESPRECHUNGEN.

**Lehrbuch der Navigation.** Herausg. vom Reichsmarineamt. Drei Bände. gr. 8. (I. Terrestrische Navigation. XIII u. 341 S. mit 4 Tafeln und 142 Textfiguren. — II. Astronomische Navigation. XII u. 428 S. mit 2 Tafeln und 175 Textfiguren. — III. Anleitung zu Küstenvermessungen. IV u. 108 S. mit 1 Tafel und 29 Textfiguren.) Berlin, E. S. Mittler & Sohn. 1901. M. 16.—

Es ist bekannt, wie fruchtbar sich die engere Berührung der englischen Physiker mit der Nautik für Physik und Geophysik erwiesen hat. Die deutsche Physik steht in ihrer Allgemeinheit den Problemen der Schiffahrtskunst noch ferner, wenn auch im einzelnen deutsche Forscher Erhebliches geleistet haben. Ist nun auch das vorliegende Werk in erster Linie für die Praxis zugeschnitten, so stellt die Nautik doch ein so schönes Gebiet der praktischen Verwertung der Physik und Astronomie dar, dass das Werk auch für die Vertreter dieser beiden Wissenschaften von Interesse sein wird.

Der erste, 350 Seiten umfassende Band, ist der terrestrischen, der zweite, gleich voluminöse, der nautischen Navigation gewidmet, während ein ungefähr 100 Seiten umfassendes drittes Bändchen die Anleitung zu Küstenvermessungen enthält.

Den grössten Teil des ersten Bandes nimmt der Kompass ein und die Bestimmung des Schiffsmagnetismus, speziell wegen der Anwendung auf eiserne Kriegsschiffe. Für den Physiker sind hier zwei Dinge von besonderem Interesse, die Kompensation des Kompasses und die Deviationslehre. Der Seemann unterscheidet beim Schiffsmagnetismus sogenannte „Teilmagnetismen", die er als voneinander unabhängige Einzelerscheinungen auffasst. Diese sind „der permanente oder feste Magnetismus", der „subpermanente oder halbfeste" und der „induzierte oder flüchtige Magnetismus". Die ersten beiden stellen zusammen den eigentlichen Schiffsmagnetismus dar (in einen permanenten und einen sich ändernden Teil zerlegt), der letzte Teil entspricht der Induktion durch den Erdmagnetismus und ist verschieden nach Ort, Zeit, Kurs und Schiffs-

neigung. Bei der Behandlung der Deviationslehre wird der Schiffsmagnetismus durch Magnet- resp. Eisenstäbe ersetzt gedacht. Den Teilmagnetismen entsprechen Teildeviationen. So erzeugt der feste Magnetismus eine Deviation, die bei der Hälfte aller möglichen Schiffsazimute östlich ist, bei der anderen westlich; man spricht daher von einer „semicirkulären Deviation". Bei ihrer Erzeugung ist auch die vertikale Komponente des flüchtigen Magnetismus beteiligt. Die „quadrantale Deviation" rührt von der Horizontalkomponente des flüchtigen Magnetismus her; sie hat zwei Maxima und zwei Minima beim Durchlaufen aller Kurse und kann einen unregelmässigen Anteil haben, falls die induzierbaren Eisenmassen ungleich im Schiffe verteilt sind. Dazu kommt noch eine „konstante Deviation", die von unregelmässig verteilten magnetischen Massen herstammt.

Ist $\delta$ die Deviation und $\zeta$ der magnetische Kurs, so ist für jedes $\zeta$ $\sin\delta = \mathfrak{A}\cos\delta + \mathfrak{B}\sin(\zeta-\delta) + \mathfrak{C}\cos(\zeta-\delta) + \mathfrak{D}\sin(2\zeta-\delta) + \mathfrak{E}\cos(2\zeta-\delta)$. $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}, \mathfrak{E}$ sind die „wahren Deviationskoeffizienten. Unter der Annahme, es dürfe $\delta$ für $\sin\delta$ der Kleinheit von $\delta$ wegen gesetzt werden, schreibt man auch

$$\delta = A + B\sin\zeta + C\cos\zeta + D\sin 2\zeta + E\cos 2\zeta,$$

worin die $A, B, C, D, E$ nunmehr die „genäherten Deviationskoeffizienten" heissen. Die Reihe ist eine notwendig endliche Besselsche Reihe, in der $A$ die konstante Deviation, $B\sin\zeta + C\cos\zeta$ die semicirkuläre, $D\sin 2\zeta + E\cos 2\zeta$ die quadrantale Deviation bedeuten. Mithin hat man hier ein Beispiel für eine einfache physikalische Bedeutung der Koeffizienten. Zu diesen zufällig die Form von Gliedern einer trigonometrischen Reihe besitzenden Deviationen treten noch drei andere Anteile, wovon nur die „Krängungsdeviation" erwähnt sei, die den Einfluss der Schiffsneigung abgiebt. Die verschiedenen Deviationskoeffizienten werden aus Azimutbestimmungen der Kompassnadel bei Fahrten im Kreis, aus Schwingungsbeobachtungen oder mit dem Deviationsmagnetometer bestimmt, und die Abhängigkeit der Deviation vom Schiffskurs durch harmonische Analyse festgelegt.

Die Kompasskompensation kommt darauf hinaus, die Teildeviationen für sich durch geeignete Anbringung von Magnetsystemen zu kompensieren.

Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der Bestimmung des Schiffsortes aus einem, zweien oder dreien Objekten an Land. Interessant ist hierbei der Begriff des „Gefahrwinkels". Liegt vor einer Küste eine Untiefe, so giebt es einen bestimmten Winkel, unter dem man zwei Landmarken stets erblicken muss, falls man die Gefahr umgehen will. Er findet sich als Peripheriewinkel über der Verbindungslinie der Landmarken als Sehne. Man hat also beim Segeln dafür zu sorgen, dass der Winkel nach beiden Marken $<$ dem vorgegebenen Gefahrwinkel bleibt. Ferner werden in diesem Bande die Lot- und Logvorrichtungen besprochen und das Segeln, speziell das auf der Loxodrome und auf dem grössten Kreise. Auch die verschiedenen Kartenprojektionen werden, soweit es den Zwecken des Buches entspricht, vorgebracht.

Der zweite Band, die astronomische Navigation, ist zunächst ein übersichtliches, klares und sehr anschauliches Lehrbuch der Astronomie, nur dass natürlich die nautischen Beobachtungsmethoden im Vordergrunde stehen. Im Kapitel der geographischen Ortsbestimmungen nehmen die Bestecksrechnungen und namentlich die Standlinienmethode, als das für die Nautik wichtigste, den breitesten Raum ein. Es folgen die Konstruktion, die Behandlung und der Gebrauch der Chronometer, sowie die Ermittelung der Uhrstände, wobei namentlich Zeitbestimmungen aus Monddistanzen und Sternbedeckungen ausführlich erörtert werden. Den Schluss dieses Bandes bildet ein Kapitel über Gezeiten und ihre harmonische Analyse.

Der dritte Band enthält die nautische Geodäsie, besonders Küstenvermessung und Aufnahme von kleineren Landstrecken. Da hier eine grosse Genauigkeit meist nicht verlangt wird, hat dieser Band für den Astronomen und Physiker nicht das Interesse, das für ihn die ersten beiden Bände besitzen.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 22. August 1901.)

**Johanneson, Physikalische Mechanik.** gr. 8. 58 S. m. 37 Fig. Berlin, J. Springer. 1900. 1 M.

Da das Buch kein Vorwort enthält, so können wir nur vermuten, dass es für den Unterricht bestimmt ist, ob auf der Unterstufe oder nicht, lässt sich schwer erraten. Soll es ein Schulbuch sein, so ist nicht recht einzusehen, was dem Schüler mit diesem einzigen Zweige der Physik gedient sein könnte.

Augenscheinlich will der Verfasser die wesentlichsten Erscheinungen und Gesetze der Mechanik empirisch und experimentell ableiten und lässt darum eine mathematische Behandlung sehr zurücktreten. Allein bei der recht spröden Darstellung, bei der ausgesprochenen Neigung für das Abstrakte, welche das Buch verrät, bei einem Verzichten auf speziellere Veranschaulichungen und experimentelle Angaben erscheint der Titel des Werkes nicht recht einleuchtend. Offenbar haben den Verfasser vorzugsweise historische Momente geleitet, wie er überhaupt häufig ältere Litteratur seinen Angaben beifügt. Dabei ist er aber zu einer oftmals wunderlichen Stoffanordnung gekommen, was einige wenige

Beispiele erläutern mögen: So wird, ehe vom Hebel gesprochen ist, gleich am Anfange die Wage abgehandelt; so werden die Stosserscheinungen, statt bei der Bewegungslehre besprochen zu werden, unter die „allgemeinsten Erscheinungen fester Körper" versetzt; hier wird auch erst die „Dichte" besprochen, nachdem die Statik und Dynamik bereits abgeschlossen ist. Eine Absonderlichkeit des Buches ist ferner, dass gewisse Erscheinungen (wie Kapillarität u. s. w.) an zwei Stellen unter dem Titel „merkwürdige Erscheinungen" aufgeführt werden, den der Verfasser anderen, völlig gleichwertigen Erscheinungen nicht zuspricht. — Den einzelnen Abschnitten sind jedesmal ganz brauchbare Übungsaufgaben beigegeben. Behrendsen.

---

**H. Blücher, Die Luft, ihre Zusammensetzung und Untersuchung, ihr Einfluss und ihre Wirkungen sowie ihre technische Ausnutzung.** 8°. 322 Seiten. Leipzig, O. Wigand. 1900. 6 M.

Der Verf. ist bestrebt, seine Aufgabe so vollkommen wie möglich zu lösen, d. h. eine Beschreibung der Eigenschaften der atmosphärischen Luft, wie ein weiteres Titelblatt sagt, in geologischer, biologischer, meteorologischer und hygienischer Beziehung zu liefern. Da der Verf. von Beruf Chemiker, so sind alle mit seiner engeren Wissenschaft verwandten Fragen sehr ausführlich behandelt, während die rein physikalischen und die spezielleren meteorologischen Daten Quellen entnommen sind, die nicht als modern gelten können, oder wie der oft citierte Flüggesche Grundriss der Hygiene für die citierten Fragen nicht die ursprüngliche Quelle sind. So sind z. B. bei der Besprechung der mechanischen Verunreinigungen der Luft die hier epochemachenden Aitkenschen Messungen nicht erwähnt. Die physikalischen und meteorologischen Kapitel sind rein beschreibender Natur und bieten der vorhandenen Litteratur gegenüber nichts wesentlich Neues. Anders die Abschnitte über das Vorkommen seltenerer chemischer Verbindungen und von Organismen in der Luft. In diesen Dingen bildet das besprochene Buch eine wertvolle Ergänzung zu van Bebbers Lehrbuch über hygienische Meteorologie. A. Nippoldt.

(Eingegangen 22. August 1901.)

## Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900.** Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 56. Jahrg. Zweite Abteilung. Enthaltend Physik des Äthers. Redigiert von Karl Scheel. gr. 8. LII u. 794 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 27.—.

**Hann, Julius,** Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. Lieferung 9, 50 S., Lieferung 10 (Schluss), 85 u. XIV S. gr. 8. 1901. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. à M. 3.—.

**Jahrbuch der Elektrochemie.** Berichte über die Fortschritte des Jahres 1900. Unter Mitwirkung von K. Elbs, G. W. Küster und H. Danneel — herausgegeben von W. Nernst und W. Borchers. VII. Jahrgang. Mit 196 Figuren. gr. 8. VIII u. 596 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 24.—.

**Kleiber, Johann,** Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien. Nach dem ministeriellen Lehrplane bearbeitet. Mit zahlreichen Figuren und Übungsaufgaben. 8. VIII u. 240 S. 1901. München, R. Oldenbourg. Geb. M. 3.—.

**Kössler, Karl,** Gustav Theodor Fechner. Gedächtnisrede, zur Säcularfeier seines Geburtstages gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein an der k. k. Universität in Wien. gr. 8. 26 S. 1901. Wien, Franz Deuticke. M. 1.—.

**Müller, Felix,** Vocabulaire mathématique. Français-allemand et allemand-français. Contenant les termes techniques employés dans les mathématiques pures et appliquées. Mathematisches Vocabularium. Französisch-deutsch und deutsch-französisch. Enthaltend die Kunstausdrücke aus der reinen und angewandten Mathematik. Zweite Hälfte. gr. 8. VIII u. 316 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. M. 11.—.

**Schulz, Ernst,** Sammlung von Beispielen zur Berechnung elektrischer Maschinen. Mit 57 Abbildungen. gr. 8. 170 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. Gebunden M. 8.—.

**Weinstein, B.,** Einleitung in die höhere mathematische Physik. Mit 12 in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. XVI u. 399 S. 1901. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung. Gebunden M. 7.—

## Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/1902.[1])

### Universität Lausanne.

**Henri Dufour**: Experimentalphysik 4, 5; Ausgewählte Kapitel der Physik 3; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Laboratorium, täglich. — **Mayor**: Theoretische Physik 2; Mechanik 5, Übungen 1. — **Palaz**: Elektrotechnik 6; Wechselstrommaschinen und Transformatoren 2; Elektrische Einrichtungen, 2. — **Dappler**: Technische Physik (Beleuchtung Heizung, Verdampfung), 2. — **P. Dutoit**: Chemische Physik 2; Theoretische Elektrochemie 2; Praktische Elektrochemie, 2. — **Brunner**: Anorganische Chemie, 5; Aromatische Reihe, 1; Laboratorium, täglich. — **Chuard**: Analytische Chemie, 1; Agrikulturchemie, 2. — **Brélaz**: Technische Chemie, 2. — **Pelet**: Chemische Produkte, 2; Farbstoffe, 2; Arzneimittel, 2. — **Amstein**: Differential- und Integralrechnung, 6, Übungen 2; Elemente der Differential- und Integralrechnung für Naturforscher, 3. — **Joly**: Analytische Geometrie, 2; Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 4. — **Ch. Dufour**: Astronomie, 3. — **Reiss**: Theoretische Photographie, 1; Praktikum, 2.

Vorlesungen werden in der französischen Sprache gehalten; Prüfungen und Repetitorium in Deutsch und Französisch. Die in der philosophischen Fakultät zu Lausanne verbrauchten Semester werden in der Berliner Universität voll angerechnet.

### Universität Göttingen.

Nachzutragen: **Blumenthal**: Eindeutige analytische Funktionen (Weierstrasz-Hadamardsche Theorie), 3.

1) Nachtrag zu **2**, 825, 1901.

## Tagesereignisse.

### Die 73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte,

welche vom 22. bis 28. September in der alten Hansestadt Hamburg tagte, nahm auch äusserlich einen sehr glänzenden Ver-

lauf. Schon der Empfang der Gäste am Sonntag zeigte, wie zahlreich dieselben herbeigeeilt waren; die Eröffnungssitzung am Montag war bereits von mehreren Tausend Teilnehmern besucht, und in der Schlusssitzung am Freitag teilte der Geschäftsführer Prof. Voller mit, dass 3500 Herren und 1200 Damen an dem Kongresse teilgenommen hatten; mit 4700 Teilnehmern übertraf die Versammlung die vorjährige in Aachen, wo sich 1100 Personen (800 Herren und 300 Damen) zusammengefunden hatten, um mehr als das Vierfache. Bei der Eröffnung wies Prof. Voller auf den äusseren Unterschied hin, den heute die Naturforscher-Versammlung im Gegensatz zu der vor 70 Jahren zeigt, wo sie zum ersten Male in Hamburg stattgefunden hatte. Damals hatten sich im ganzen 242 fremde Teilnehmer eingefunden, die eine uns heute einfach erscheinende Tagesordnung zu erledigen hatten. Es war noch nicht die Zeit, Theorien zu schaffen, sondern das Material musste auf allen Gebieten erst sorgsam zusammengetragen werden. Faraday, Robert Mayer, Helmholtz, Virchow, Darwin, und so manche andern Namen, welche für die naturwissenschaftliche Entwicklung des 19. Jahrhunderts so bezeichnend sind, waren damals noch nicht erklungen; ihre Träger traten eben erst als junge Männer in die wissenschaftliche Laufbahn ein.

Weiter wies Voller auf die äusseren Verhältnisse hin: 1830 ein zerrissenes Deutschland; 1876, ebenfalls ein Jahr einer Naturforscher-Versammlung in Hamburg, ein geeintes Deutschland, die Gemüter jedoch ängstlich in der sicheren Erwartung eines neuen Ausbruchs des Krieges zwischen zwei grossen Kulturnationen, und heute nach 25 Jahren der gesicherte Frieden und in ihm die gemeinsame Arbeit aller Kulturvölker.

Der 1. Vorsitzende der Gesellschaft, Prof. Hertwig-München, warf einen kurzen Blick auf die Geschichte der Gesellschaft, die in gewissem Sinne die Geschichte der Wissenschaft im vergangenen Jahrhundert widerspiegelt. Als sie von Ohm ins Leben gerufen wurde, 1821, erledigte sie ihre Tagesordnung in drei, später in sechs allgemeinen Sitzungen, an welchen alle Teilnehmer teilnahmen. Aber allmählich machte sich das Bedürfnis nach engeren Sitzungen geltend, kann man doch das vergangene Jahrhundert geradezu als das der Spezialisierung der Wissenschaften bezeichnen. So wurden zum ersten Male 1828 in Berlin 7 Sektionen eingerichtet. Und dann hat sich das Verhältnis der beiden Teile der Versammlung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts allmählich vollkommen verändert; die Zahl der allgemeinen Sitzungen wurde auf 4, 3, schliesslich auf zwei herabgesetzt, und sie gewannen einen auf ein allgemeineres Publikum berechneten Charakter. Das wissenschaftliche Leben dagegen entfaltete sich in den Sektionen, deren Zahl beständig stieg. 1871 waren es bereits 15, und in den letzten Jahren war die Zahl 30 weit überschritten. Der Höhepunkt der Spezialisierung der Wissenschaften scheint jedoch jetzt überschritten zu sein, die Arbeitsgebiete der einzelnen Zweige nähern sich wieder und treten in Wechselwirkung miteinander.

Entsprechend dieser Entwicklung wurde diesmal der Versuch gemacht, mehrere Abteilungen zusammenzulegen — ihre Zahl war dadurch auf 27 gesunken — und in den allgemeinen Sitzungen Fragen in strengerer wissenschaftlicher Weise zu besprechen. Ausserdem wurde eine Gesamtsitzung beider Hauptgruppen abgehalten, die also auch den Charakter einer allgemeinen Sitzung hatte.

Ob diese Änderung sich bewähren wird, erscheint einigermassen zweifelhaft; zwar erntete Prof. Nernst in der zweiten, Prof. Lecher in der ersten allgemeinen Sitzung reichen Beifall, — ersterer sprach über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie, der letztere über die Hertzsche Entdeckung elektrischer Wellen und deren weitere Ausgestaltung. Trotzdem ist es Thatsache, dass sie von einem sehr grossen Teile ihrer Zuhörer nicht verstanden wurden, weil ihre Behandlungsweise der betreffenden Themata nicht allgemeinverständlich war und auch nicht sein konnte.

Ob andererseits Vorträge, wie der von Curschmann (Leipzig) über Medizin und Seeverkehr, oder der von Reinke (Kiel) über die in den Organismen wirksamen Naturkräfte, beide in der zweiten allgemeinen Sitzung, geeignet sind, dem wissenschaftlichen Zwecke und Ansehen dieser Versammlungen Genüge zu leisten, scheint mindestens zweifelhaft. Erging sich der erste vielfach in Alltäglichkeiten, so bewegte sich der zweite auf dem an sich schwanken Boden seines Themas mit unzulänglichen physikalischen Vorstellungen.

Von den bei solchem Massenandrang unvermeidlichen kleinen Unzulänglichkeiten abgesehen, verdient die Organisationsarbeit der Abteilungsleiter und der Ausschüsse warme Anerkennung.

Sehr drangvoll ging es bei dem Begrüssungsabend her, ebenso bei dem Festessen Mittwochs im Zoologischen Garten, bei dem sich für keinen der Festredner die zum Durchdringen nötige Ruhe erreichen liess. Ob daran mehr die Länge der Reden oder die Ungeduld der Hörer schuld hatte, sei dahingestellt. In jeder Beziehung würdig und glänzend war der Empfang im Rathause am Dienstag, auch die gleichzeitig auf den Schiffen der Hamburg-Amerika-Linie empfangenen Gäste waren sehr befriedigt. Das Konzert am Donnerstag verdiente und erntete reichen Beifall; der folgende Ball nahm einen fröhlich-belebten Verlauf. Dagegen war die Organisation der Elbefahrt nach Blankenese so unzulänglich, dass Hunderte von Teilnehmern von der Rückfahrt ausgeschlossen blieben, weil Unbefugte ihre Plätze auf den Schiffen in Besitz nehmen konnten.

Ob sich nicht für die allgemeinen Sitzungen ein Saal mit besserer Akustik hätte finden lassen, als das Konzerthaus, ist die Frage. Jedenfalls wurde die Mehrzahl der Redner nur sehr schwer verstanden. Der Sitzungssaal der physikalischen Abteilung, der Hörsaal des Staatslaboratoriums, war entschieden zu klein und verursachte namentlich durch seine mangelhafte Ventilation den Vortragenden und Hörern gleiche Pein. — Alles in allem herrschte aber eine vortreffliche Laune von Anfang bis zu Ende, namentlich gilt das von der physikalischen Abteilung. Die vielfach sehr interessanten Vorträge und angeregten Diskussionen der sehr gut besuchten Abteilungssitzungen vereinigten sich mit einem lebhaften und behaglichen persönlichen Gedankenaustausch in den Versammlungslokalen zu einer ebenso fruchtbaren, wie wohlthuenden Gesamtstimmung.

Ob sich eine solche für die physikalischen Wissenschaften im nächsten Jahre in Karlsbad in gleicher Weise wiederfinden wird und kann, ist zweifelhaft. An die Hamburger Versammlung wird jedenfalls jeder Teilnehmer mit Freude und lebhaftem Danke zurückdenken.

B. Borchardt.

---

Die feierliche Einweihung des neuen physikalischen Institutes der Universität St. Petersburg fand den 21. September statt.

Mit den ausserordentlichen Forderungen des neuen bayerischen Finanzgesetzentwurfs werden unter anderen auch 10000 Mark für Ausarbeitung des Plans zur Errichtung einer technischen Hochschule in Nürnberg verlangt.

## Briefkasten.

Indem ich mir vorbehalte, Ableitung, Zeichenerklärung und Gebrauchsanweisung später mitzuteilen, beschränke ich mich für jetzt auf die kurze Bemerkung, dass es mir gelungen ist, Beugungstheorie und geometrische Optik zu verschmelzen und die gesamte Fehlertheorie des achsennahen Strahlengangs durch beliebig dicke Linsen mit beliebigen Abständen auf folgende wenige algebraische Symbole zurückzuführen:

Aberrationen: $-d\log m\cdot A_2;+V_4\varphi;-2\,U_3;-\psi/m-(\varphi)\cdot(\chi+R_3);+W_2/2\,K$

Gleichungen: $H/\lambda_0-1=o;\ \Sigma A\,r^n-\mathfrak{J}_n=o;\ \psi-\varphi-m^2(\chi-\varphi)=o;\ V+2KU-K^2R=o.$

Die neue Betrachtungsweise hat sich nicht allein theoretisch wertvoll, sondern auch praktisch fruchtbar erwiesen (sie diente bereits zur Auffindung und gegenüber dem trigonometrischen Verfahren ungleich rascheren Errechnung völlig neuer photographischer Typen). K. Strehl.

Erlangen, 8. Oktober 1901.

(Eingegangen 11. Oktober 1901.)

## Personalien.

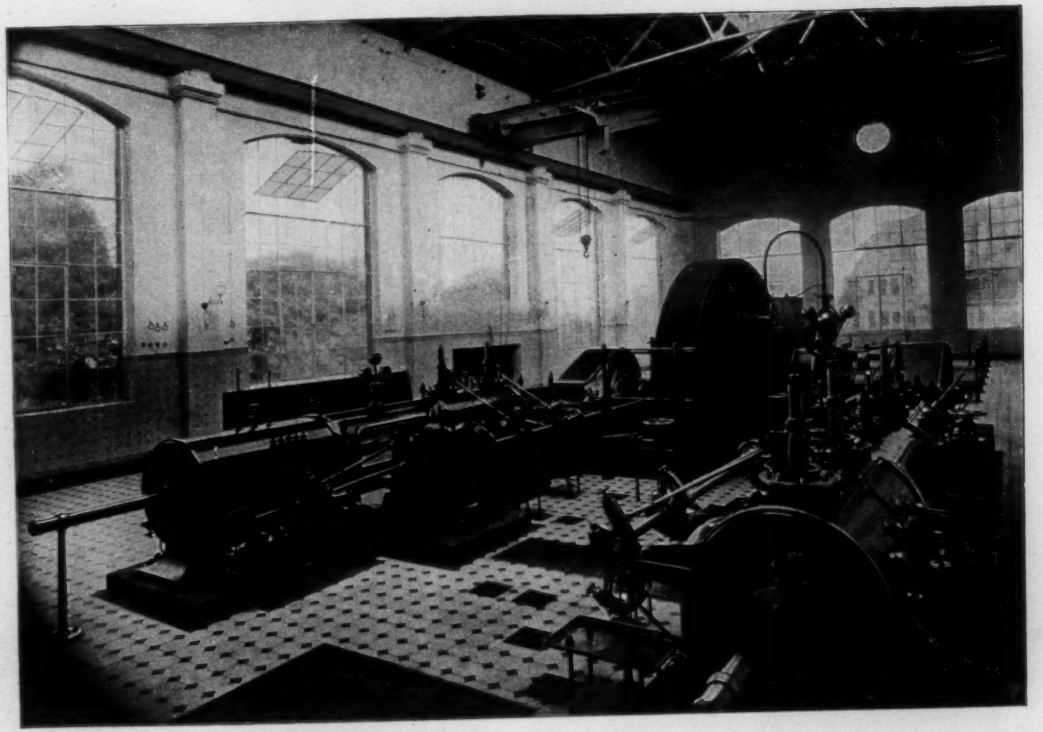
An der technischen Hochschule zu Berlin wird wegen Erkrankung von Prof. Reichel die Vorlesung über Maschinen-Grundzüge Prof. Kammerer lesen, dessen Vorlesung über Maschinenbau infolgedessen ausfällt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

C. Bach.

Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

C. Bach. Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.



Schmiede

Gasmotoren-raum

Kraftgasraum

Kesselhaus

Maschinenhalle

Wasser- mess- behälter

Saugeschacht

von dem Kanal

a

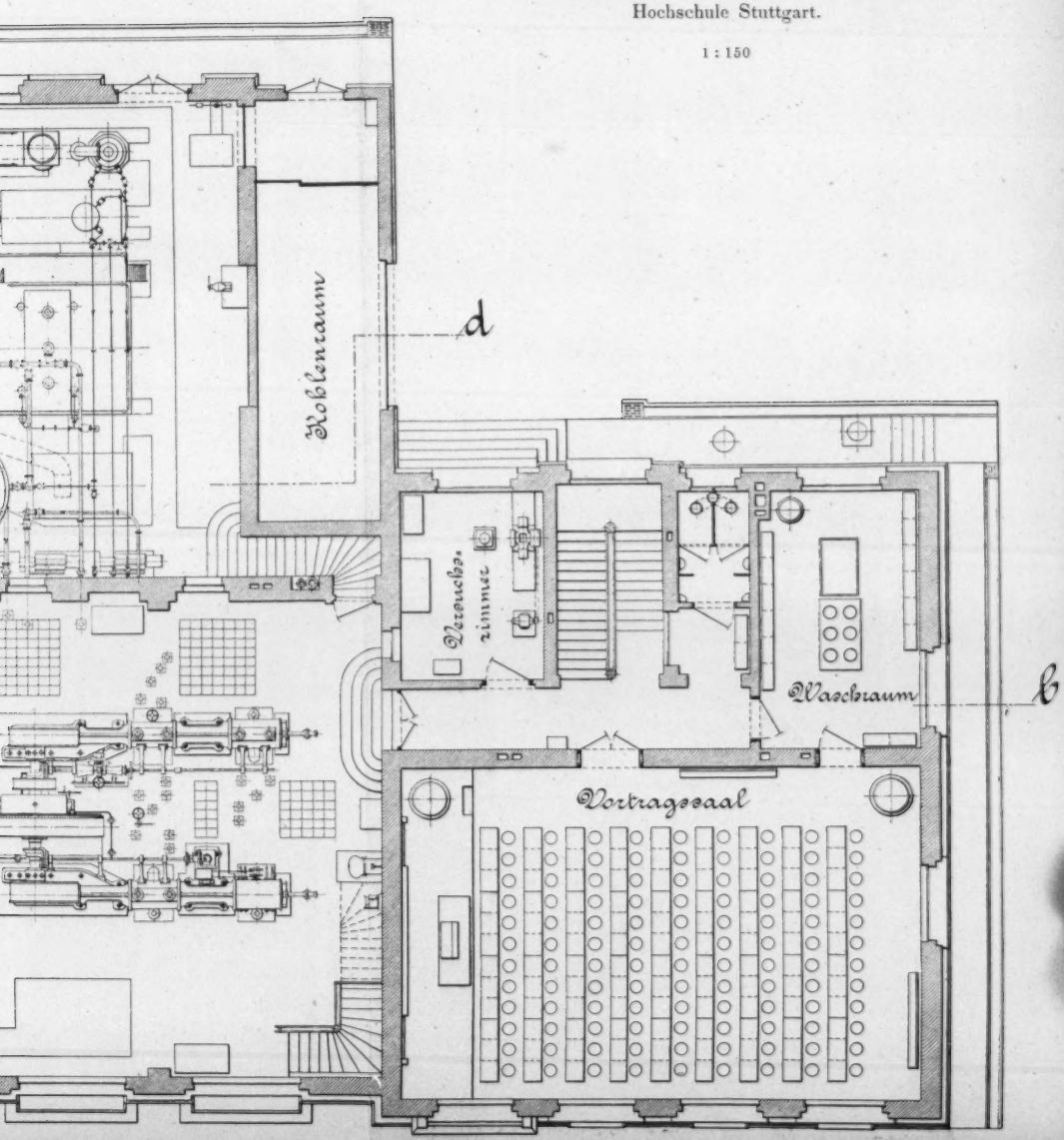
b

c

C. Bach.

Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

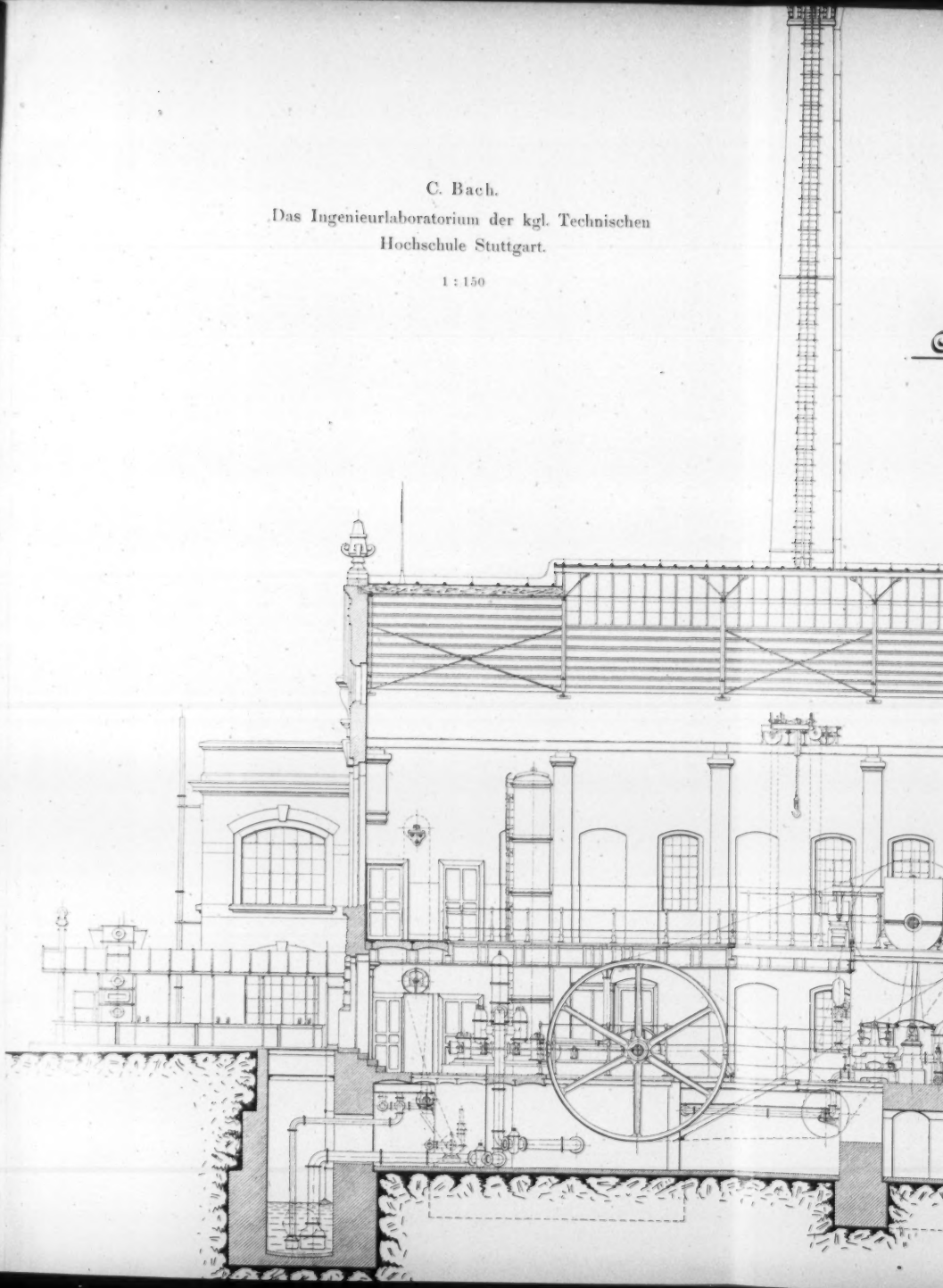
1 : 150



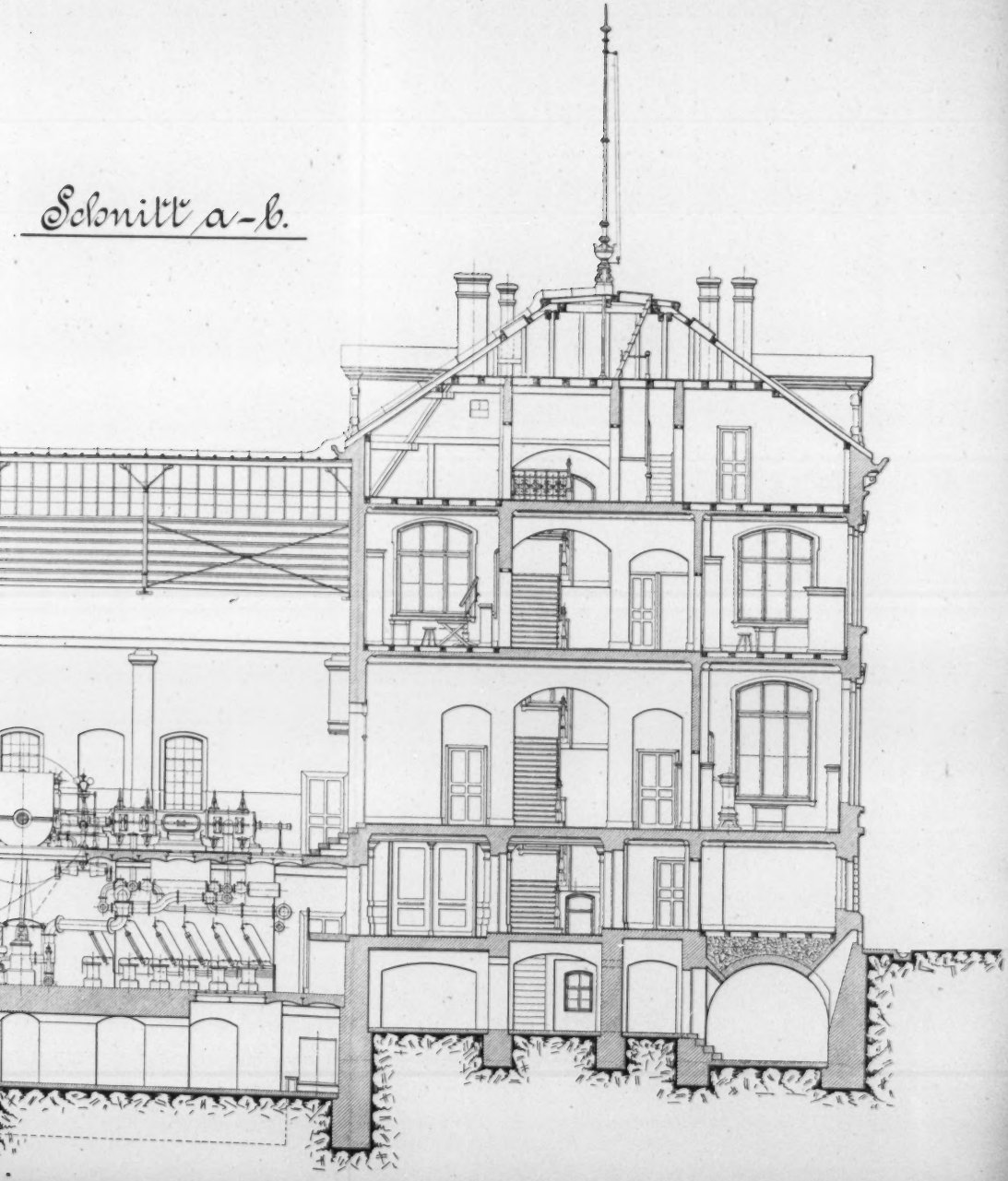
C. Bach.

Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

1 : 150



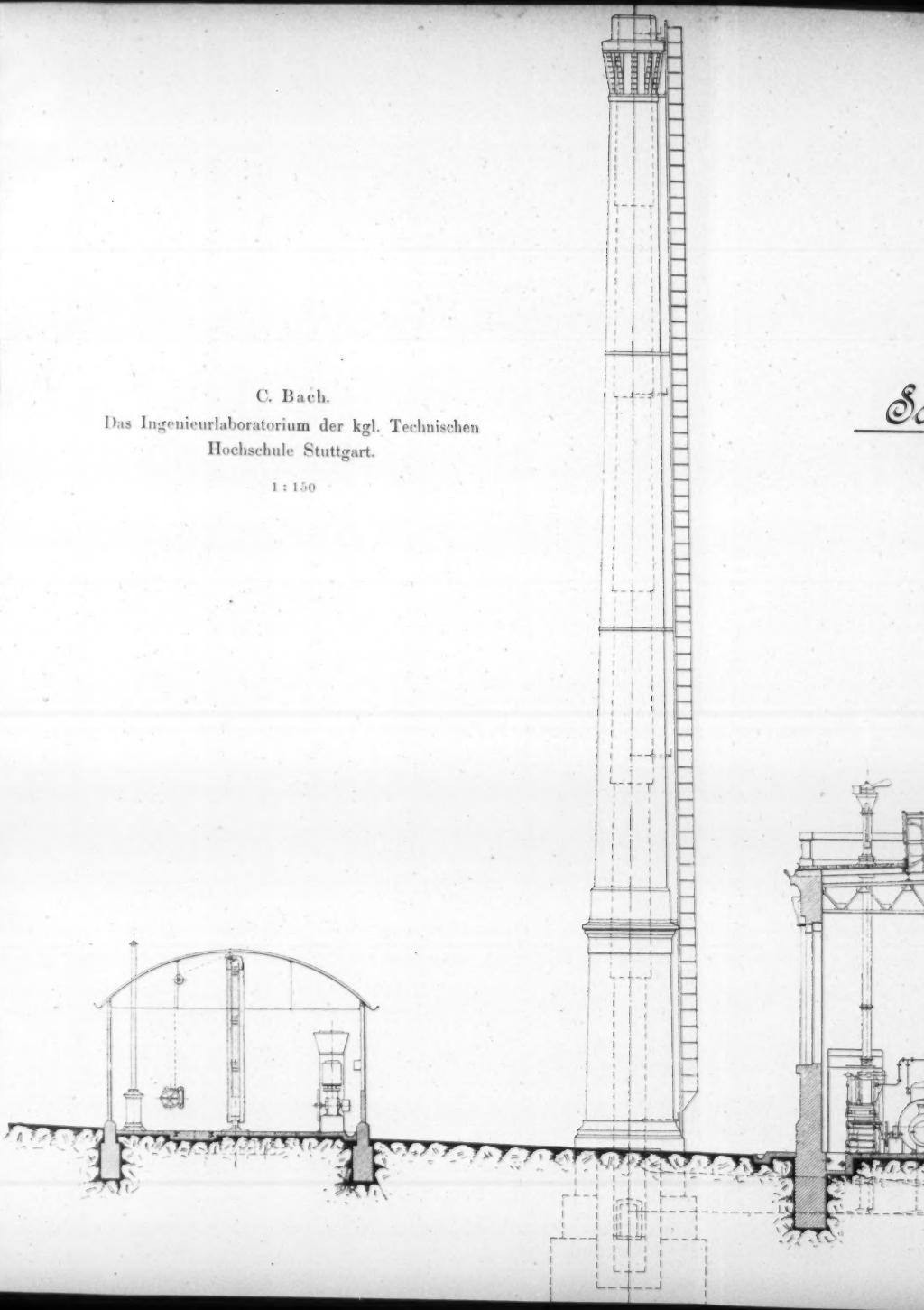
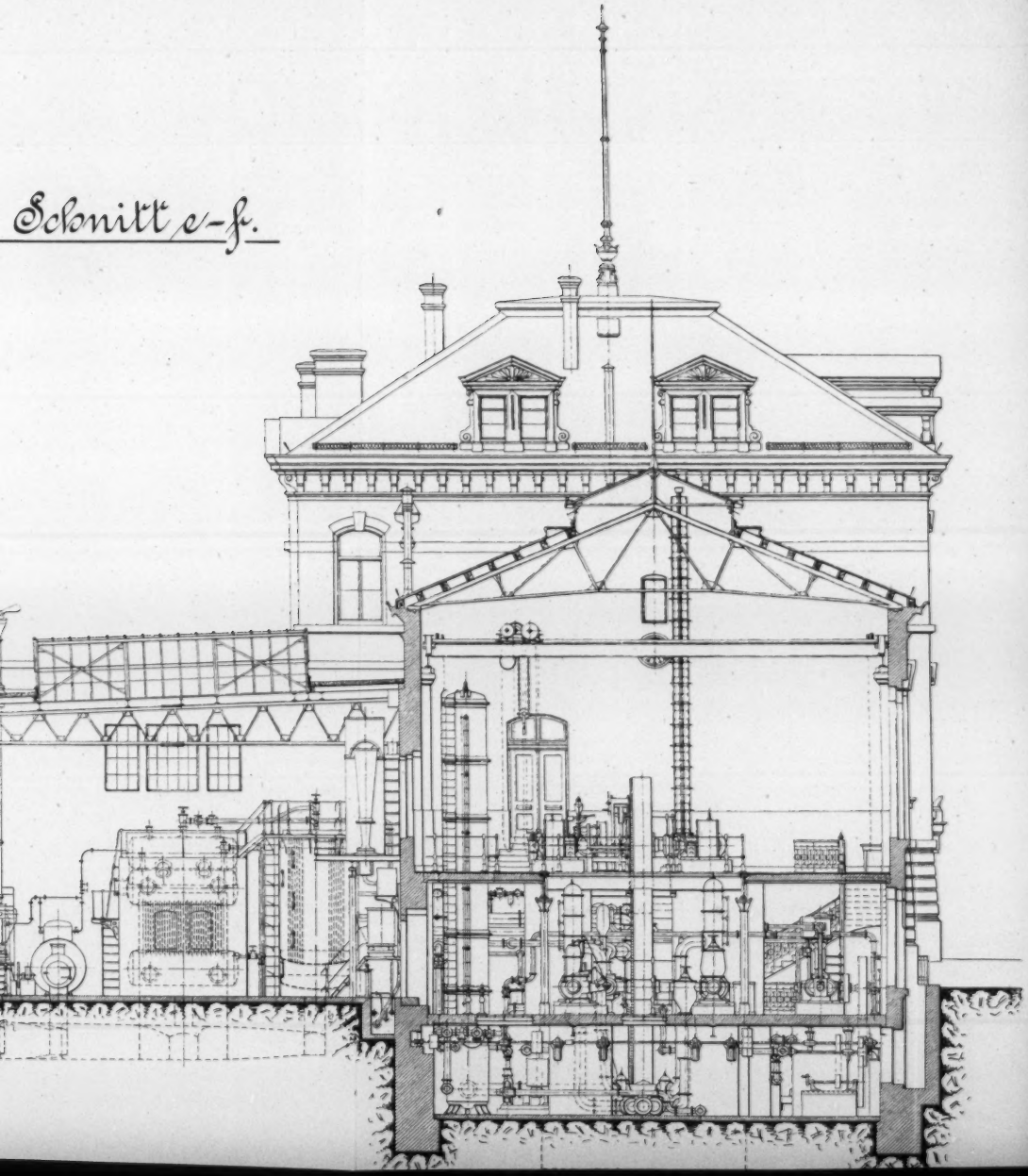
# Schnitt a-b.



C. Bach.

Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

1 : 150



Schnitt e-f.